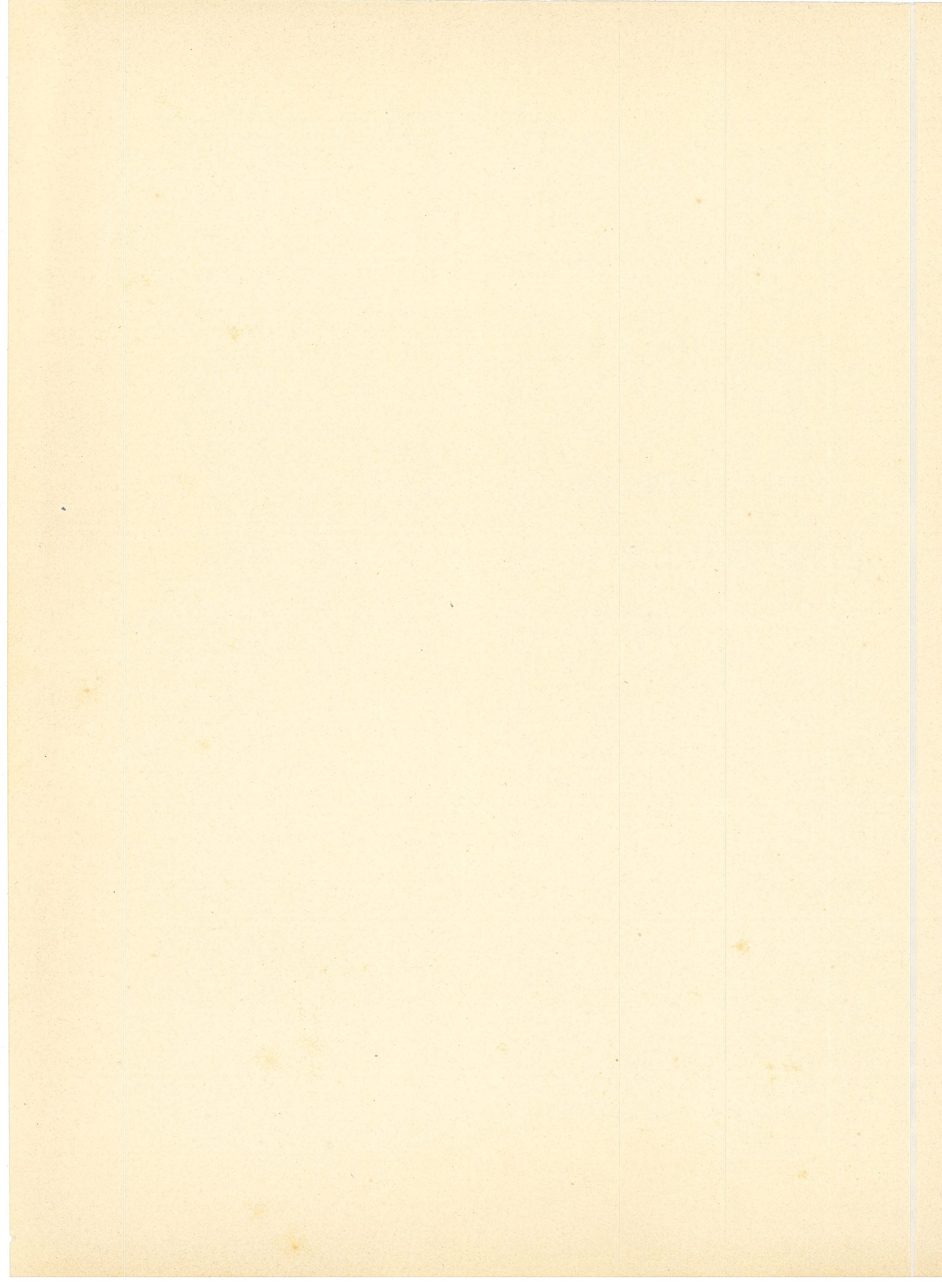
J. M. EDER UND E. VALENTA:

BEITRÄGE ZUR PHOTOCHEMIE UND SPECTRALANALYSE.



BEITRÄGE

ZUR

PHOTOCHEMIE

UND

SPECTRALANALYSE

VON

HOFRATH DR. J. M. EDER

DIREKTOR DER K. K. GRAPHISCHEN LEHR- UND VERSUCHSANSTALT IN WIEN
O. Ö. PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN WIEN
KORRESPONDIERENDES MITGLIED DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN WIEN

UND

E. VALENTA

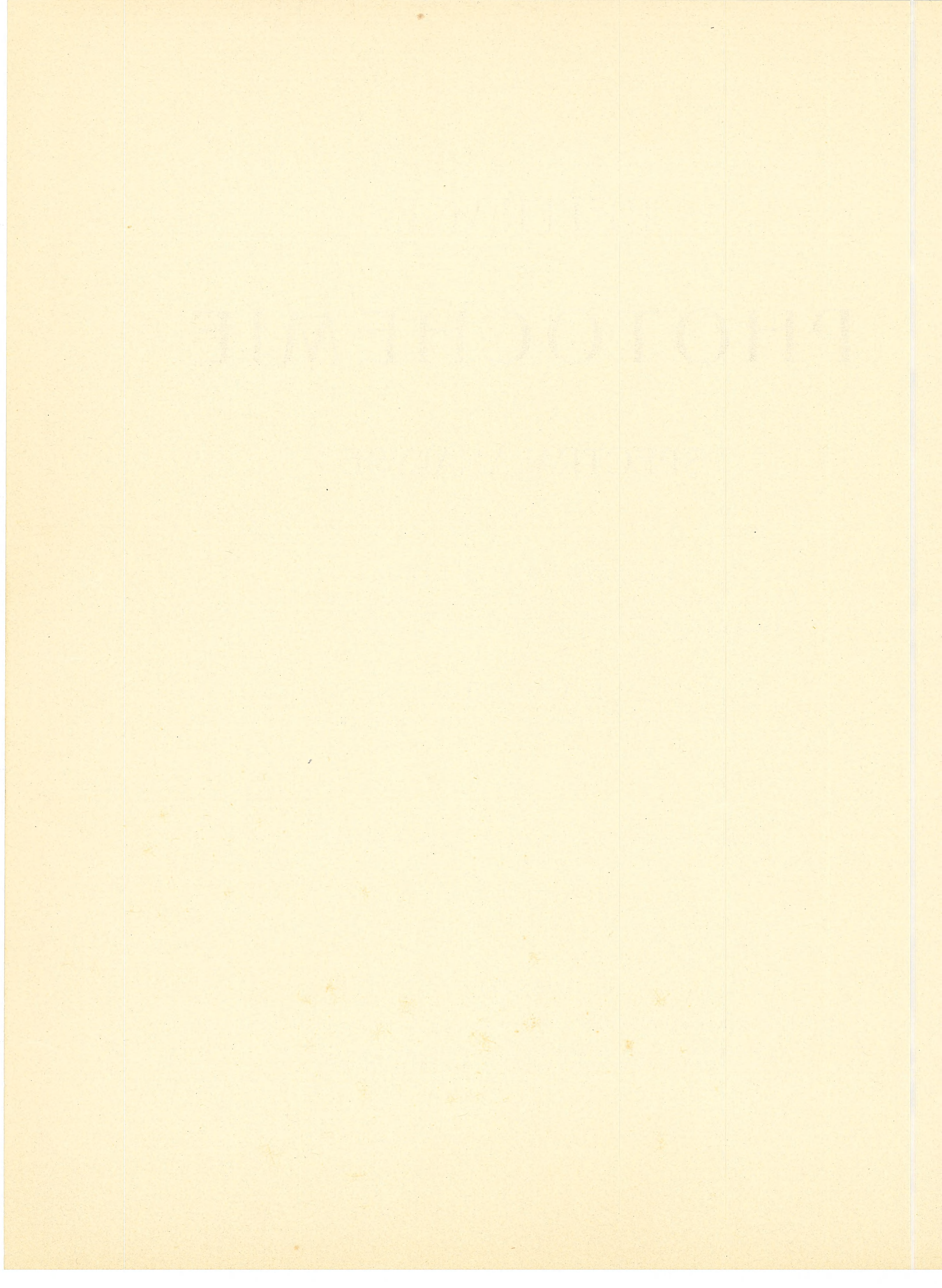
PROFESSOR AN DER K. K. GRAPHISCHEN LEHR- UND VERSUCHSANSTALT IN WIEN

ENTHALTEND FÜNF THEILE MIT 93 ILLUSTRATIONEN IM TEXTE UND 60 TAFELN

WIEN 1904

AUS DER K. K. GRAPHISCHEN LEHR- UND VERSUCHSANSTALT IN WIEN

IM COMMISSIONSVERLAGE BEI: WILHELM KNAPP, VERLAGS-BUCHHANDLUNG, HALLE A. S.
UND R. LECHNER (WILH. MÜLLER), K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHANDLUNG, WIEN



VORREDE.

Das vorliegende Werk enthält eine grosse Zahl von Untersuchungen auf dem Gebiete der Photochemie, Sensitometrie und Spectralanalyse, welche durch eine Reihe von Jahren an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt ausgeführt wurden und deren Resultate Behelfe für die wissenschaftliche und praktische Photographie in sich schliessen. Die in diesem Buche gesammelten Arbeiten wurden in einem Zeitraume von zwanzig Jahren von den Verfassern und ihren wissenschaftlichen Mitarbeitern ausgeführt, was im Vereine mit dem Umstande, dass sich dieselben auf verschiedene Gebiete erstrecken, mit sich brachte, dass ein grosser Theil der Abhandlungen seinerzeit sehr zerstreut publiciert und dadurch die Übersicht über die organisch unter sich zusammenhängenden Abhandlungen sehr beeinträchtigt wurde.

Aus diesem Grunde und weil diese Untersuchungen wohl derzeit actuelles Interesse besitzen dürften, wurden dieselben im vorliegenden Werke, erweitert durch einige ergänzende, bisher noch nicht publicierte Arbeiten und durch eine neue Serie von heliographischen Abbildungen verschiedener Spectrumphotographien, zu einem Ganzen zusammengefasst.

Es finden sich darin die photographischen Sensibilisatoren für Bromsilberplatten, welche für die praktische Photographie sowie für die objective Darstellung der Spectralerscheinungen so wichtig sind, erschöpfend behandelt und ihre Anwendung zur Dreifarben-Photographie im Zusammenhange mit den spectralanalytischen Eigenschaften der Präparate, Lichtbilder und Pigmentfarben erörtert.

Die wissenschaftliche Actinometrie und Sensitometrie, die chemische Helligkeit künstlicher Lichtquellen, die Untersuchung der Lichtechtheit von Farbstoffen, beziehungsweise deren Farblacke, welche letztere für den Farbentechniker, der sich praktisch mit der Erzeugung von Druckfarben für graphische Zwecke befasst, wichtig ist, ferner die Untersuchung von Druckfarben auf Deckkraft etc. wurde auf Grund eigener Methoden in experimentelle Behandlung gezogen.

Schliesslich geben unsere Publicationen in vorliegender Zusammenfassung ein übersichtliches Bild über die Leistungsfähigkeit verschiedener älterer und neuerer spectralanalytischer Untersuchungsmethoden mit dem prismatischen Spectrum (Glas und Bergkrystall) sowie mit dem Beugungsspectrum. Für die Ergebnisse ihrer spectralanalytischen Untersuchungen, welche in den Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften publiciert wurden, wurden die Verfasser von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften durch Verleihung des Lieben'schen Preises im Jahre 1895 ausgezeichnet.

Mit dem Abdrucke unserer Wellenlängemessungen von verschiedenen Spectren sammt heliographischen Tafeln kommen wir einem wiederholt an uns gerichteten Wunsche nach, da die geringe Anzahl der Separata, welche von diesen Arbeiten gedruckt wurden, längst erschöpft ist und der Vergleich der von uns untersuchten und zum Theile von uns entdeckten Spectralerscheinungen bei weiterer Forschung manchem Spectralanalytiker erwünscht erscheint.

Die Drucklegung des Buches sowie sämmtlicher Illustrationsbeilagen erfolgte an der II. Section (Lehranstalt für Buch- und Illustrationsgewerbe) der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien.

WIEN im April 1904.

Die Verfasser.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Vorrede V
Inhalts-Verzeichnis VII
Verzeichnis der Illustrationen IX
Verzeichnis der Tafeln XI
Quellennachweis, Berichtigungen XIII

I. Theil.

Spectralanalytische Untersuchungen.

Über das sichtbare und ultraviolette Emissionsspectrum schwach leuchtender verbrennender Kohlenwasserstoffe (Swan'sches Spectrum) und der Oxy-Hydrogen-Flamme (Wasserdampf-Spectrum) 1
Bemerkungen zu Herrn C. Bohn's Abhandlung «Über Flammen und leuchtende Gase» 29
Über das sichtbare und das ultraviolette Emissionsspectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme . . . 32
Über die Verwendbarkeit der Funkenspectren verschiedener Metalle zur Bestimmung der Wellenlänge im Ultravioletten 44
Über einige neue Linien im brechbarsten, ultravioletten Emissionsspectrum des metallischen Calciums . . 57
Über das Linienspectrum des elementaren Kohlenstoffes im Inductionsfunken und über das ultraviolette Funkenspectrum nasser und trockener Holzkohle . 58
Das Emissionsspectrum des elementaren Siliciums und der spectrographische Nachweis dieses Elementes . 75
Das ultraviolette Linienspectrum des elementaren Bor 82
Über den Verlauf der Bunsen'schen Flammenreactionen im ultravioletten Spectrum 87
Absorptionsspectren von farblosen und gefärbten Gläsern mit Berücksichtigung des Ultraviolett . . . 98
Über das Spectrum des Kaliums, Natriums und Cadmiums bei verschiedenen Temperaturen 109
Über die verschiedenen Spectren des Quecksilbers . 128
Über die Spectren von Kupfer, Silber und Gold . . 161
Über das rothe Spectrum des Argons 214
Über drei verschiedene Spectren des Argons 216
Spectralanalytische Untersuchung des Argons . . . 220
Absorptionsspectra der Nitro- und Amidokörper des Anthragallols 265
Das Linienspectrum des Siliciums 267
Die Spectren des Schwefels 269

Seite

Über das Funkenspectrum des Calciums und des Lithiums und seine Verbreiterungs- und Umkehrungserscheinungen 333
Spectralanalyse der Leuchtgasflamme 345
Das Spectrum des Chlors 358
Das Spectrum des Broms 369
Normalspectren einiger Elemente zur Wellenlängebestimmung im äussersten Ultraviolett 377
Spectroskopische Untersuchung der Oxy-α-naphtochinonessigsäure 404
Untersuchung des Absorptionsspectrums von Indigotin, Diamidoindigo und Tetrazoindigo 406
Das Flammen- und Funkenspectrum des Magnesiums 410
Unveränderlichkeit der Wellenlängen im Funken- und Bogenspectrum des Zinks 418

II. Theil.

Sensitometrie und Photometrie chemisch wirksamer Strahlen. — Solarisation.

Ein neues chemisches Photometer mittelst Quecksilberoxalat zur Bestimmung der Intensität der ultravioletten Strahlen des Tageslichtes und Beiträge zur Photochemie des Quecksilberchlorides 1
Über die Zersetzung des Eisenchlorides und einiger organischer Ferrisalze im Lichte 16
Untersuchungen über die chemischen Wirkungen des Lichtes 21
Photochemische Methoden zur Messung des Einflusses chemisch wirksamer Strahlen auf das Pflanzenwachsthum 27
Welches Princip der Sensitometer wäre zur Construction eines Normalsensitometers anzunehmen . . . 32
Bestimmung der Empfindlichkeit der Trockenplatten . 39
Über Sensitometrie orthochromatischer Platten mittelst Scheiner's Sensitometer 41
Zusammenhang von Orthochromasie und charakteristischer Curve photographischer Platten. — Sensitometrie orthochromatischer Schichten 44
Die Reduction der Scheiner'schen Benzinlampe auf die Hefner-Lampe 46
System der Sensitometrie photographischer Platten I. Abtheilung 48

Seite

Bezeichnung der Empfindlichkeit von Trockenplatten auf den Plattenschachteln und des Fabrikationsdatums bei Copierpapieren 102
Kritische Bemerkungen über Sensitometrie 104
System der Sensitometrie photographischer Platten
II. Abtheilung 111
III. Abtheilung 126
Martens' Polarisations-Photometer zur Bestimmung der Schwärzung photographischer Platten 139
Chapman Jones' Sensitometer oder Plattenprüfer . 141
System der Sensitometrie photographischer Platten
IV. Abtheilung 145
Photometrische Untersuchung der chemischen Helligkeit von brennendem Magnesium, Aluminium und Phosphor 149
Über die sensitometrische Prüfung gewöhnlicher und orthochromatischer Platten 156
Über photochemische Solarisation 166
Solarisationserscheinungen in der Spectrumphotographie 172

III. Theil.

Verhalten der Silbersalze gegen das Spectrum (Farbensensibilisatoren).

Über das Verhalten der Haloïdverbindungen des Silbers gegen das Sonnenspectrum und die Steigerung ihrer Empfindlichkeit durch Farbstoffe 1
Über die Wirkung verschiedener Farbstoffe auf das Verhalten des Bromsilbers gegen das Sonnenspectrum 26, 41
Spectrographische Untersuchung von Normal-Lichtquellen und die Brauchbarkeit der letzteren zu photochemischen Messungen der Lichtempfindlichkeit 52
Photometrische Versuche über die sensibilisierende Wirkung von Farbstoffen auf Chlorsilber und Bromsilber bei verschiedenen Lichtquellen 56
Über einige Methoden zur Photographie des Spectrums in seinen verschiedenen Bezirken mit sensibilisierten Bromsilberplatten 60
Photochemische Erscheinungen und die Undulations-Theorie des Lichtes 75
Zur Geschichte der orthochromatischen Photographie mit Erythrosin 78
Über Reinigung des zur Sensibilisierung dienenden Cyanins 82
Spectrographische Versuche mit Bromsilber-Collodion 83
Neue Sensibilisatoren für Bromsilbergelatine 85
Wirkungsweise von Sensibilisatoren bei orthochromatischen Processen 88
Bemerkungen über orthochromatische Aufnahmen und die Methode der spectrographischen Prüfung . . . 92
Die verschiedenen Methoden der Sensibilisierung von Gelatine-Emulsionsplatten durch Baden in Cyaninlösungen 95
Die Wirkung von Farben-Sensibilisatoren bei orthochromatischen Platten 99
Über farbige Lichtfilter für orthochromatische Aufnahmen und Dreifarbendruck 101
Rothempfindliche Platten mittelst Cyanin, Coeruleïn und Nigrosin 104
Untersuchungen über das Sensibilisierungsvermögen verschiedener Theerfarbstoffe für Bromsilbergelatine-Trockenplatten 109
Über die sensibilisierende Wirkung einiger Theerfarbstoffe auf Bromsilbercollodiumplatten 114
Die Oxaminfarbstoffe als optische Sensibilisatoren . . 117
Versuche mit Farbensensibilisatoren bei Bromsilber-Gelatineplatten 118
Über neue optische Sensibilisatoren für Bromsilber . 124
Die Sacchareïne als Sensibilisatoren für Bromsilber-Gelatineplatten 129
Untersuchung einiger Theerfarbstoffe auf deren Sensibilisierungsvermögen für Bromsilber 131
Über das Sensibilisieren der Bromsilbergelatineplatten für den Lippmann-Process 134
Untersuchung von Theerfarbstoffen auf deren Sensibilisierungsvermögen für Bromsilber 136, 139
Untersuchung von Theerfarbstoffen auf deren Sensibilisierungsvermögen für Bromsilbergelatine-Trockenplatten im sichtbaren Theile des Spectrums . . . 146
Wirkung einiger gelber Farbstoffe als Sensibilisatoren für Bromsilbergelatine im sichtbaren Theile des Spectrums 155
Das Sensibilisierungsvermögen einiger Farbstoffe der Cyaningruppe auf Bromsilbergelatine 158
Absorption und Sensibilisierungsvermögen einiger gelber Farbstoffe im äussersten Violett und im Ultraviolett 163
Verhalten einiger Farbensensibilisatoren gegen das Sonnenspectrum im Gitterspectrographen 166

IV. Theil.

Spectralanalytische Studien über photographischen Dreifarbendruck.

Spectralanalytische Studien über photographischen Dreifarbendruck 1

V. Theil.

Untersuchung von Druckfarben.

Zur Prüfung von Druckfarben auf Lichtechtheit . . 1
Über das Verhalten verschiedener Farblacke aus Theerfarbstoffen als Druckfarben und als Wasserfarben
I. Abtheilung 5
II. Abtheilung 17
Zur Bestimmung der «Deckkraft» von Druckfarben . 24
Über das Verhalten verschiedener Farblacke aus Theerfarbstoffen als Druckfarben und als Wasserfarben
III. Abtheilung 27

Autoren-Register 33
Sach-Register 37

Verzeichnis der Illustrationen.

I. Theil.

Seite

Fig. 1. Darstellung verschiedener Kohlenstoffspectren nach Watts und Plücker (Photo-Zinkotypie) . . 3
Fig. 2. Darstellung des Swan'schen Spectrums nach Piazzi-Smyth (Photo-Zinkotypie) 4
Fig. 3. Anwendung von Quarzprismen (Photo-Zinkotypie) 7
Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9. Ausmessapparat für Spectrallinien auf photographischen Negativen nach V. Schumann (Holzschnitt) 9, 11
Fig. 10. Funkengeber von Gothard (Holzschnitt) . 12
Fig. 11. Centriervorrichtung für den Funkengeber von Gothard (Photo-Zinkotypie) 13
Fig. 12, 13, 14. Quarzspectrograph mit Camera- und Cassetteneinrichtung von Schumann (Photo-Zinkotypie) 33, 34
Fig. 15. Skizze der Hauptbanden des Emissionsspectrums der Ammoniak-Oxygenflamme (Liniensatz) . 37
Fig. 16. Apparat zur Herstellung photographischer Spectren mittelst Salzlösungen etc. nach Hartley (Photo-Zinkotypie) 61
Fig. 17, 18, 19, 20. Apparat für die Erzeugung von Funkenspectren in verschiedenen Gasen und unter Benützung von Salzlösungen von Eder und Valenta (Photo-Zinkotypie) 62
Fig. 21. Darstellung des Wasserstoffspectrums (sichtbarer Theil) im Geissler'schen Rohre, dasselbe bei normalem Atmosphärendrucke, Darstellung der Spectren des Chlors und des elementaren Si im Funken, sowie der Flammenspectren des verbrennenden $Si\,Cl_4$, des $Si\,Br_4$ und derjenigen von Fluor und Fluorsilicium (Photo-Zinkotypie) 76
Fig. 22. Apparat zur andauernden Erhaltung gleichmässig heller, durch Metallsalze gefärbte Bunsenflammen von Eder und Valenta (Photo-Zinkotypie) 88
Fig. 23. Absorption des ultravioletten Lichtes bei Flint- und Crownglas (Photo-Zinkotypie) 100
Fig. 24, 25. Absorptionscurven des ultravioletten Lichtes in verschieden gefärbten Gläsern und zwar: Goldrubin und Kupferoxydul, roth; Kupferoxyd, Glassatz *A*, blaugrün; Kupferoxyd, Glassatz *D*, grün; Chromoxyd, Glassatz *A*, grün; chromsaures Kali, Glassatz *A*, gelb; chromsaures Kali, Glassatz *D*, gelb; chromsaures Kupferoxyd, Glassatz *A*, blaugrün; Kobaltglas *A*, blau; Nickelglas *D*, braungelb; Mangan, Glassatz *B*, violett; Mangan, Glassatz *D*, violett; Uran, Glassatz *A*, gelb, fluorescierend; Uran, Glassatz *B*, dunkelgelb, nicht fluorescierend; Silber, orangegelb; Eisenoxydul, Glassatz *B*, flaschengrün; Eisenoxyd, Glassatz *B*; Eisenoxyd, Glassatz *C*, Eisenoxyd, Glassatz *D*; Holzglas, gelb; Selenglas; Silberspiegel auf Quarzplatten; Blattgold (Photo-Zinkotypie) 104, 106
Fig. 26. Vacuumrohr mit Destillationseinrichtung nach Eder und Valenta (Photo-Zinkotypie) 134
Fig. 27. Bandenspectrum des Quecksilbers, Linienbau der Quecksilberbanden zu Beginn des Ultraviolett (Holzschnitt) 151
Fig. 28. Glas-Compoundprisma von Steinheil im Durchschnitt (Photo-Zinkotypie) 158
Fig. 29, 30. Concavgitterapparat von Gothard (Holzschnitt) 163
Fig. 31. Übereinanderlegung der einzelnen Spectren verschiedener Ordnung beim Gitterspectrographen, Schema nach Ames (Photo-Zinkotypie) 166
Fig. 32. Inductionsrolle, Schaltungsanordnung nach Wood (Photo-Zinkotypie) 170
Fig. 33. Argonröhre für die Beobachtung der Glimmlicht- und Capillarerscheinungen nach Eder und Valenta (Photo-Zinkotypie) 222
Fig. 34. Vacuum-Röhre ohne Metall-Elektroden von Plücker (Photo-Zinkotypie) 271
Fig. 35. Apparat zur Abkühlung der Flamme von schwefelhaltigem brennenden Wasserstoff (Holzschnitt) 278
Fig. 36. Abbildung eines Theiles des Spectrums brennender Kohlenwasserstoffe (Holzschnitt) 347
Fig. 37. Chlorspectrum nach Willigen's Zeichnung (Photo-Zinkotypie) 358
Fig. 38. Chlorspectrum nach Plücker und Hittorf's Zeichnung (Photo-Zinkotypie) 359
Fig. 39. Funkenspectrum des Chlors nach Salet's Zeichnung (Photo-Zinkotypie) 360
Fig. 40. Bromspectrum nach Plücker und Hittorf's Zeichnung (Photo-Zinkotypie) 370
Fig. 41. Bromspectrum nach Salet's Zeichnung (Photo-Zinkotypie) 370
Fig. 42. Absorptionsspectren von indigodisulfosaurem Natrium, Diamidoindigo und Tetrazoindigo, bezogen auf die Fraunhofer'schen Linien und auf Wellenlängen (Photo-Zinkotypie) 407

II. Theil.

Seite

Fig. 1. Ältere Form der Scheibe des Sensitometers von Scheiner (Holzschnitt) 34
Fig. 2. Neue Form der Scheibe mit eckigen Ausschnitten nach Angabe von J. M. Eder beim Sensitometer von Scheiner (Holzschnitt) 34
Fig. 3. Ursprüngliche Anordnung der Scalenfelder beim Sensitometer von Scheiner (Holzschnitt) . . . 34
Fig. 4. Neue Anordnung der Scalenfelder beim Sensitometer von Scheiner (Holzschnitt) 34
Fig. 5. Universalsensitometer von Scheiner (Holzschnitt) 50
Fig. 6. Mikrophotometer von Hartmann im Durchschnitt (Holzschnitt) 55
Fig. 7. Spectrum von Gaslicht. Aufnahme nach Durchgang durch eine 1 *cm* dicke Schicht von Wasser, Kaliummonochromatlösung, 4% und Kaliumbichromatlösung, 1% (Autotypie) 96
Fig. 8. Benzinlampe von Scheiner (Holzschnitt) . . 111
Fig. 9. Absorptionsspectrum von Kupferoxydammoniak sammt Empfindlichkeitscurve von Bromsilber gegen Sonnenlicht, prismatisches Spectrum (Autotypie) . 128
Fig. 10. Absorptionsspectrum von Kaliummonochromat, analog dargestellt wie in Fig. 9 (Autotypie) . . . 128
Fig. 11. Wirkung des Sonnenspectrums auf Chlorsilbergelatine, ferner auf mit Eosin, Glycinroth, beziehungsweise mit Rose bengal sensibilisierte Brom- und Chlorsilbergelatine (Photo-Zinkotypie) 134
Fig. 12. Polarisations-Photometer von Martens (Photo-Zinkotypie) 139
Fig. 13. Testplatte zum Plattenprüfer von Chapman Jones (Photo-Zinkotypie) 141
Fig. 14. Diagramm für den Plattenprüfer von Chapman Jones zur Bestimmung der charakteristischen Curve (Photo-Zinkotypie) 143
Fig. 15. Wirkung des Sonnenspectrums auf mit Rhodamin sensibilisierten Bromsilber-Trockenplatten und -Papier; Schwärzungscurven des entwickelten Bildes auf Rhodamin-Bromsilbercollodium mit überschüssigem Silbernitrat und auf einer ebensolchen direct durch das Sonnenspectrum geschwärzten Bromsilberschichte (Photo-Zinkotypie) 146
Fig. 16. Röhrenphotometer nach J. M. Eder (Autotypie) 158
Fig. 17. Überexponierte, solarisierte Bromsilbergelatineplatte, entwickelt mit Metol-Soda (Autotypie) . . 169
Fig. 18. Überexponierte Bromsilbergelatineplatte, 15 Minuten lang behandelt mit Bichromat und Schwefelsäure, dann mit Metol entwickelt (Autotypie) . . 170
Fig. 19. Überexponierte Bromsilbergelatineplatte, wie Fig. 17 und 18, aber vor dem Entwickeln mit Bichromat und Salpetersäure behandelt (Autotypie) . 170

III. Theil.

Fig. 1. Spectrograph von Crookes (Holzschnitt) . . 3
Fig. 2. Wirkung des mittelst Kalkspath-, Quarz-, leichten und schweren Flintglas-Prisma erzeugten Sonnenspectrums auf Bromsilbergelatine (Holzschnitt) . . 3
Fig. 3, 4. Grosser Spectrograph von Steinheil (Holzschnitt) 4, 5
Fig. 5. Kleiner Spectrograph von Steinheil im Durchschnitt (Holzschnitt) 6
Fig. 6. Spectrumbild auf Chlorsilbergelatine mittelst des grossen und kleinen Spectrographen von Steinheil (Holzschnitt) 7
Fig. 7. Wirkung des Sonnenspectrums auf Bromsilber, ferner auf Jodsilbergelatine und auf verschiedene Mischungen von Chlor-, Brom- und Jodsilbergelatine (Holzschnitt) 8
Fig. 8, 9, 10. Wirkung des Sonnenspectrums auf mit verschiedenen Farbstoffen sensibilisierte Bromsilbergelatine (Holzschnitt) 13, 15, 17
Fig. 11. Krystallisation von Bromsilber mit Ammoniak (Holzschnitt) 19
Fig. 12. Centrifugalapparat von Plener (Holzschnitt) 19
Fig. 13. Absorptions- und Sensibilisierungsspectren von Eosin- und Anilinroth auf Bromsilbergelatine (Holzschnitt) 21
Fig. 14. Anormales Sonnenspectrum, erhalten mittelst Anilinrothlösung als Prisma (Holzschnitt) 22
Fig. 15. Sensibilisierungswirkung verschiedener Theerfarbstoffe auf Bromsilbergelatine (Holzschnitt) . . 28
Fig. 16. Absorption des Spectrums durch mit Eosin gefärbtes Bromsilber und desgleichen durch gefärbte Gelatine (Holzschnitt) 38
Fig. 17, 18. Sensibilisierungswirkung verschiedener Theerfarbstoffe auf Bromsilbergelatine (Holzschnitt) 42, 44
Fig. 19. Spectrumphotographien des Sonnenlichtes, brennenden Amylacetates und des blau phosphorescierenden Schwefelcalciums auf Bromsilbergelatine (Holzschnitt) 52
Fig. 20. Spectralwirkung von Lampen- und Sonnenlicht auf Eosin- und Cyaninplatten, sowie auf Jodbromgelatineplatten (Holzschnitt) 59
Fig. 21. Spectrumphotographien auf mit Formylviolett, beziehungsweise Wollschwarz 4 *B* sensibilisierte Bromsilbergelatine (Autotypie) 138
Fig. 22. Spectrumphotographien auf mit Thiazolgelb und Nitrophenin sensibilisierte Gelatine- und Collodion-Bromsilberschichten (Autotypie) 140
Fig. 23. Sensibilisierungswirkung von Titanscharlach *S* auf Bromsilbergelatineplatten, Spectrumphotographie (Autotypie) 143
Fig. 24. Sensibilisierende Wirkung einiger gelber Farbstoffe auf Bromsilbergelatine. Aufnahmen bei Gaslicht mit dem kleinen Steinheil'schen Glasspectrographen (Autotypie) 156
Fig. 25. Sensibilisierungswirkung von verschiedenen Farbstoffen der Cyaningruppe auf Bromsilbergelatine. Aufnahmen bei Gaslicht mit dem kleinen Steinheil'schen Glasspectrographen (Autotypie) 160

IV. Theil.

Fig. 1. Vergleich der Dispersion eines Krüss'schen Spectralapparates und eines Glasspectrographen mit Compoundprisma (Photo-Zinkotypie) 3
Fig. 2, 3. Reflexionsspectra von Druckfarben (Photo-Zinkotypie) 6, 7
Fig. 4. Schwärzungscurven von Bromsilbergelatineplatten hinter violetten Lichtfiltern (Photo-Zinkotypie) 10
Fig. 5, 6. Quantitative spectrocolorimetrische Prüfung von verschiedenen Lichtfiltern (Photo-Zinkotypie) . 14, 18
Fig. 7. Wirkung des Sonnenspectrums auf Orthochrom *T*-Platten (Photo-Zinkotypie) 18

Verzeichnis der Tafeln.

I. Theil.

Seite

Tafel I. Emissionsspectrum des verbrennenden Leuchtgases und der Oxyhydrogen-Flamme (Heliogravüre) 22

Tafel II. *a)* Emissionsspectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme; *b)* Spectrumphotographien mittelst des Quarzspectrographen: Sonnenspectrum, Absorptionsspectrum von Leicht-Flintglas, Absorptionsspectrum von Uranglas, Emissionsspectrum von brennendem Magnesiumdraht, Funkenspectrum des Magnesiums, Spectrum des Drummond'schen Lichtes mittelst Magnesiumoxyd, Spectrum des elektrischen Flammenbogens zwischen Kohlenelektroden und Funkenspectrum der hierbei verwendeten Kohle (Heliogravüre) 38

Tafel III. Funkenspectrum verschiedener Metalle mittelst des Quarzspectrographen und zwar von Cadmium, Zink, Blei, Magnesium, Thallium, Zinn, Kupfer, Eisen, Nickel, Cobalt, Aluminium, Silber und einer Legierung von Cadmium, Zink, Blei (Heliogravüre) . . 48

Tafel IV. Emissionsspectrum von Kohlenstoff und Silicium: Chlorsilicium in Wasserstoff, Wasserstoff mit Zink-Elektroden, elementares Silicium an der Luft, trockene und nasse Kohle an der Luft, trockene und nasse Kohle in Kohlensäure und Wasserstoff (Heliogravüre) 80

Tafel V. Ultraviolette Linien des Borspectrums (Liniensatz) 86

Tafel VI und VII. Flammenspectrum von Kalium-, Natrium-, Lithium-, Baryum-, Strontium-, Calcium-Salzen und der Borsäure, Quarzspectrograph (Heliogravüre) 96

Tafel VIII. Absorptionsspectren von farblosen und gefärbten Gläsern (Heliogravüre) 104

Tafel IX. Verschiedene Spectren des Quecksilbers: Linien- und Bandenspectrum; Aufnahmen mittelst des Glas- und Quarzspectrographen. Sonnenspectrum auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten, ferner auf mit Acridingelb, Erythrosin und Cyanin sensibilisierten Trockenplatten (Heliogravüre) 134

Tafel X. Blaues und rothes Argonspectrum (Photo-Zinkotypie) 220

Tafel XI. Spectren von Stickstoff und Argon, aufgenommen mit dem kleinen Concavgitter (Heliogravüre) 228

Tafel XII. Verschiedene Spectren des Argons (Heliogravüre) 228

Tafel XIII. Absorptionsspectren der Nitro- und Amidoverbindungen des Anthragallols (Photo-Zinkotypie) 266

Tafel XIV. Spectren des Schwefels (Photo-Zinkotypie und Lichtdruck) 272

Tafel XV und XVI. Spectren des Schwefels: Banden- und Linienspectrum des Schwefels, aufgenommen mit einem kleinen und einem grossen Concavgitter. Verbreiterungserscheinungen (Heliogravüre) . . . 276

Tafel XVII. Funkenspectrum des Calciums und des Lithiums, Umkehrungs- und Verbreiterungserscheinungen (Heliogravüre) 340

Tafel XVIII. Chlorspectrum nach Lecoq und Ciamician (Lichtdruck) 360

Tafel XIX und XX. Chlorspectren bei verschiedenem Drucke (Heliogravüre) 364

Tafel XXI. Spectrum des Brom bei verschiedenem Drucke nach Ciamician (Lichtdruck) 370

Tafel XXII. Absorptionsspectrum des Brom nach Hasselberg (Lichtdruck) 370

Tafel XXIII. Emissionsspectrum des Brom (Heliogravüre) 372

Tafel XXIV und XXV. Normalspectren von Eisen, Nickel, Cobalt, Kupfer, Cadmium, Zink, Blei, Thallium und Zinn im äussersten Ultraviolett, grosses Concavgitter (Heliogravüre) 378

Tafel XXVI. Normalspectren von Kupfer, Gold, Aluminium, Cadmium und Zink im äussersten Ultraviolett, Quarzspectrograph (Heliogravüre) 378

Tafel XXVII. Funkenspectrum von Calcium, grosses Concavgitter (Heliogravüre) 380

Tafel XXVIII. Flammen- und Funkenspectrum des Magnesiums, grosses Concavgitter (Heliogravüre) . . . 412

Tafel XXIX. Unveränderlichkeit der Wellenlängen im Funken- und Bogenspectrum des Zinks, grosser Gitterspectrograph (Heliogravüre) 420

II. Theil.

Tafel I bis XVI. Schwärzungscurven photographischer Platten (Steindruck und Photo-Zinkotypie) . . . 72

Tafel XVII. Ausschnitt der rotierenden Scheibe des Sensitometers von Scheiner (Steindruck) 112

Tafel XVIII. Wirkung des Sonnenspectrums auf mit verschiedenen Farbstoffen (Erythrosin, Chinaldincyanin, Nigrosinen, Indulinen und Wollschwarz) sensibilisierten Trockenplatten mit und ohne Verwen-

Seite

dung von farbigen Lichtfiltern, Glasspectrograph (Autotypie) 162

Tafel XIX. Phänomene der photographischen Überbelichtung bei normalen und bei verschieden sensibilisierten Bromsilbergelatineplatten (Heliogravüre) . 172

III. Theil.

Tafel I und II. Photographien des Sonnenspectrums auf Bromsilbergelatine- und verschiedenartig sensibilisierten Trockenplatten (Erythrosin-, Benzopurpurin-, Sensitogrün-, Cyanin-, Grün aus Toluylaldehyd-, Bleu Coupier- und Coeruleïnplatten) mit und ohne Verwendung von verschiedenen Lichtfiltern; Swan'sches Spectrum und Spectrum des brennenden Magnesiums auf Bromsilbergelatineplatten, Glasspectrograph (Lichtdruck) 74

Tafel III. Photographien des Sonnenspectrums auf Cyanin-Bromsilberplatten, Glasspectrograph (Lichtdruck) 98

Tafel IV. Absorptions- und Sensibilisierungsspectrum von Titangelb, Acridingelb, Thiazolgelb, Nitrophenin, Canariengelb, Baumwollgelb, Nitrosodimethylanilin, kleiner Gitterspectrograph (Autotypie) 164

Tafel V. Verhalten der Sensibilisatoren Orthochrom *T*, Aethylviolett + Erythrosin, Titanscharlach, Columbiagrün (Rothfilter), Plutoschwarz, Palatinschwarz, Eboligrün, Wollschwarz 4*B*, Columbiagrün gegen das Sonnenspectrum, kleiner Gitterspectrograph (Heliogravüre) 166

IV. Theil.

Tafel I. Probefarbentafel und monochrome Reproductionen derselben und zwar: Bromsilberplatte hinter Methylviolettfilter, rothempfindliche Platte hinter Orangefilter, Erythrosinplatte hinter gutem Grünfilter, Erythrosinplatte hinter ungenügendem Grünfilter, (Chromolithographie, Licht- und Buchdruck) . . . 28

Tafel II. Funkenspectrum von Cadmium, Blei, Zink, Natrium, Magnesium, Cadmium und Eisen. Spectrum-Photographien mit verschieden sensiblen Schichten und verschiedenen Lichtfiltern: Bromsilbercollodion, Bromsilbercollodion mit Aethylviolett, Tetrabromfluoresceïn und Fluoresceïn, Bromsilbergelatine mit Lichtfilter, Erythrosin-Gelatineplatte mit engem und weitem Grünfilter, Schattera's rothempfindliche Platte hinter Naphtolorangefilter, Erythrosin-Bromsilbergelatine, Bromsilbergelatine, Bromsilbergelatine mit Kupferoxydammoniak-Lichtfilter und Methylviolett-Lichtfilter, Chlorsilbergelatine, nasses Jodbrom- und Jodsilbercollodion (Heliogravüre) . . . 28

Tafel III bis VII. Dreifarbendruck nach einem Aquarell sammt Scalen (Autotypien) 28

Quellennachweis.

Jahrbuch für Photographie und Reproductionsverfahren, Halle a. S.
«Österreichische Chemiker-Zeitung», Wien.
«Photographische Correspondenz», Wien.
«Protokoll des III. Internationalen Congresses für angewandte Chemie», Wien.
«Verhandlungen des IV. Internationalen Congresses für angewandte Chemie», Berlin.
Sitzungsberichte, Denkschriften und Anzeiger der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien.
«Zeitschrift für physikalische Chemie», Leipzig.

Berichtigungen.

Auf Seite 388 des I. Theiles soll es in der Tabelle: «III. Funken- und Bogenspectrum des Aluminiums von $\lambda = 1989$ bis $\lambda = 1854$» statt: Bogenspectrum Kayser und Runge richtig heissen: **Bogenspectrum Runge** («Ann. d. Physik und Chemie», 1895, Bd. LV, pag. 44); ferner ist zu bemerken, dass Runge in der angegebenen Abhandlung die Beobachtung einer undeutlichen Al-Linie von der Wellenlänge 1930·4 im Bogenspectrum des Aluminiums angibt.

Auf pag. 50, II. Theil, Fussnote 3, statt I. Theil, pag. 52 **III. Theil, pag. 52.**

Auf pag. 88, II. Theil, Fussnote 1, statt I. Theil, pag. 56 **III. Theil, pag. 56.**

Auf pag. 94, II. Theil, Fussnote 2, statt I. Theil, pag. 60 **III. Theil, pag. 60.**

Auf pag. 95, II. Theil, Fussnote 3, statt III. Theil, pag. 37 **II. Theil, pag. 37.**

Auf pag. 126, II. Theil, Fussnote 2, statt I. Theil, pag. 1 **III. Theil, pag. 1.**

Auf pag. 130, II. Theil, Fussnote 1, statt II. Theil, pag. 128 **I. Theil, pag. 128.**

Auf pag. 134, II. Theil, Fussnote 1, statt I. Theil, pag. 1 **III. Theil, pag. 1.**



I.

SPECTRALANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN.



Über das sichtbare und das ultraviolette Emissions-Spectrum schwach leuchtender verbrennender Kohlenwasserstoffe (Swan'sches Spectrum) und der Oxy-Hydrogen-Flamme (Wasserdampf-Spectrum).

Von

J. M. Eder.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 8. Mai 1890.)

Über das Emissionsspectrum von schwach leuchtenden, in Luft- oder Sauerstoff brennenden Kohlenwasserstoff-Flammen, sowie speciell von der Bunsen'schen Leuchtgasflamme liegen, betreffend das weniger brechbare Ende, mehrfache Beobachtungen vor[1]) und zwar wurde dasselbe zuerst von Swan im Jahre 1856 genau untersucht[2]); derselbe machte jedoch keine Wellenlängenbestimmungen charakteristischer Kohlenbande, sondern bestimmte für die erste Linie jeder Gruppe des Spectrums die kleinste Deviation am Beobachtungs-Theodoliten.

Dr. Hasselberg nahm im Jahre 1880 Reductionen der Swan'schen Angaben auf die Angström'schen Werte der Wellenlänge der Sonnenlinien vor[3]) und stellte eigene Beobachtungen über das Swan'sche Spectrum (im sichtbaren Theile) an.

Hasselberg trieb einen constanten Luftstrom durch eine ungefähr $2^1/_2$ *cm* hohe Benzolschichte in einer Woulff'schen Flasche; dadurch erhält man ein Gas, welches ruhig, mit schönem blauen Conus und ohne Gefahr brennt.

Hasselberg beobachtete, dass das Spectrum heller brennt, wenn man Sauerstoff seitlich in die Flamme bläst und es zeigte sich namentlich die Kohlenstoffbande im Rothgelb, welche ohne diese Anordnung nicht hervortritt; die Dispersion des Spectralapparates war jedoch nicht gross genug, um die Partialbanden in alle Linien aufzulösen (a. a. O.).

Aus den Beobachtungen verschiedener Spectroskopiker geht hervor, dass gewisse Liniengruppen des Swan'schen Spectrums auch bei Anwendung anderer Glühmittel als des Bunsen-Brenners oder Kohlenwasserstoff-Sauerstoffgebläses auftreten, zum Beispiel unter Anwendung des Inductionsfunkens, sowie im elektrischen Flammenbogen (Kohlenelektroden).

---

[1]) Edinb. Transact., Vol. XXI.

[2]) Die erste Erwähnung findet man bei Wollaston: «Method of examining refractive power», Philosophical Transact., 1802, der bei seinen Untersuchungen über das Sonnenspectrum auf die Verschiedenheit aufmerksam macht, die zwischen diesem Spectrum und demjenigen des unteren blauen Mantels einer Kerzenflamme besteht.

[3]) Hasselberg: «Über die Spectra der Kometen und ihre Beziehungen zu denjenigen gewisser Kohlenwasserstoffe», Mém. Acad. St. Petersbourg, VII, Ser. I, XXVIII, Nr. 2, 1880.

Die vier charakteristischen Gruppen des Swan'schen Bandenspectrums beobachteten schon Plücker und Hittdorf im Spectrum zwischen elektrischen Inductionsfunken bei Anwendung von Kohlenelektroden in einer Atmosphäre von Wasserstoff.

Angström und Thalén untersuchten das Spectrum bei der Entladung des elektrischen Funkens zwischen Kohlenelektroden im Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der eigentliche Funken gibt das Linienspectrum des Kohlenstoffes, welches von dem Swan'schen Bandenspectrum des C verschieden ist; die denselben umgebende Aureole oder Lichthülle gibt aber das Swan'sche Bandenspectrum oder das Bandenspectrum des Cyans oder Kohlenoxydes [1]).

Die Beschreibung der charakteristischen Bande des Swan'schen Spectrums im sichtbaren Theile seitens der verschiedenen Beobachter ist nicht übereinstimmend, wie bereits Liveing und Dewar (Proceed. Royal. Soc., XXX, 1880, pag. 152) aufmerksam machten; der ultraviolette Theil wurde überhaupt nicht genau ausgemessen und ist sehr wenig bekannt.

Im sichtbaren Spectrum erwähnt Lecocq de Boisbaudran [2]) ausser den Hauptbanden (α, β, γ und δ nach meiner Bezeichnung) noch zwei nebelige Bande im Indigo (bei $\lambda = 4368$ und bei $\lambda = 4309$).

Watts (Philosoph. Magaz., 1869 und 1871) gibt dieselben Bande, aber aufgelöst in eine Serie von feinen Linien [3]).

Plücker und Hittdorf bemerkten in der Flamme von Aethylen die Abwesenheit von zwei starken charakteristischen blauen und violetten Liniengruppen der Cyanflamme und die Anwesenheit einer Serie von dunklen Linien auf violettem Hintergrund zwischen den zwei Cyangruppen.

Eine ähnliche Beschreibung gibt Morron (Annal. Chemie et Phys., März 1865). Keiner von ihnen bemerkte die Anwesenheit der oben erwähnten zwei nebeligen Banden.

Dibbits (Pogg. Annal. 1864) verbrannte Cyan in Sauerstoff und bemerkte orangefarbige und rothe Banden, schattiert gegen das brechbare Ende zu, also entgegengesetzt den vier ersten Banden des Swan'schen Spectrums; ferner beschreibt er die Cyanbande in Blau und Violett.

J. Wesendonck [4]) verglich insbesondere das Swan'sche Spectrum und Kohlenoxydspectrum sorgfältig, ohne jedoch gegenüber Angström und Thalén neue Wellenlängen der Kohlenstoffbanden zu geben; der besseren Übersichtlichkeit halber sind jedoch auch die Wesendonck'schen Wellenlängen im Folgenden mit einbezogen.

Salet studierte das Spectrum, welches mit Hilfe des Inductionsfunkens in Leuchtgas oder Cyan entsteht [5]), jedoch sind die Wellenlängen nur auf drei Stellen angegeben; daraus geht jedoch die Identität der vier ersten Kohlenstoffbande des Swan'schen Spectrums mit den von ihm untersuchten Banden hervor.

Watts verglich 1869 (Philosoph. Magaz., 4. Ser., Bd. XXXVIII, pag. 249) das Swan'sche Spectrum (Verbrennen von Aethylen $C_2 H_4$ mit Sauerstoff) mit anderen C-Spectren und gab eine Figur dieser Erscheinungen, welche in Fig. 1 photozinkographisch reproduciert ist (s. pag. 3).

Fig. 1 *a* stellt nach Watts das Spectrum der Aethylensauerstoff-Flamme dar. In der Flamme des gewöhnlichen Bunsenbrenners konnte er die rothe Gruppe (α Watts) nicht wahrnehmen. Dasselbe Spectrum beobachtet er beim Durchschlagen des elektrischen Funkens bei gewöhnlicher Temperatur und normalem

---

[1]) Die Linien des hieher gehörigen Bandenspectrums des Kohlenstoffes nach Angström und Thalén finden sich bei Kayser («Spectralanalyse», 1883, pag. 247) sowie bei Hasselberg abgedruckt.

[2]) Lecocq: «Spectres lumineux», Paris 1874, Bd. I, pag. 41.

[3]) Vergl. Kayser («Spectralanalyse», 1883) und M. Watts («Index of Spectra», 1889).

[4]) Wesendonck: «Untersuchungen über die Spectren der Kohlenverbindungen», Inaugural-Dissertation, Berlin 1881. (Sehr übersichtliche Zusammenstellung der einschlägigen Beobachtungen.) Auszug in Annal. d. Chemie u. Physik, 1883, Bd. XVII, pag. 435.

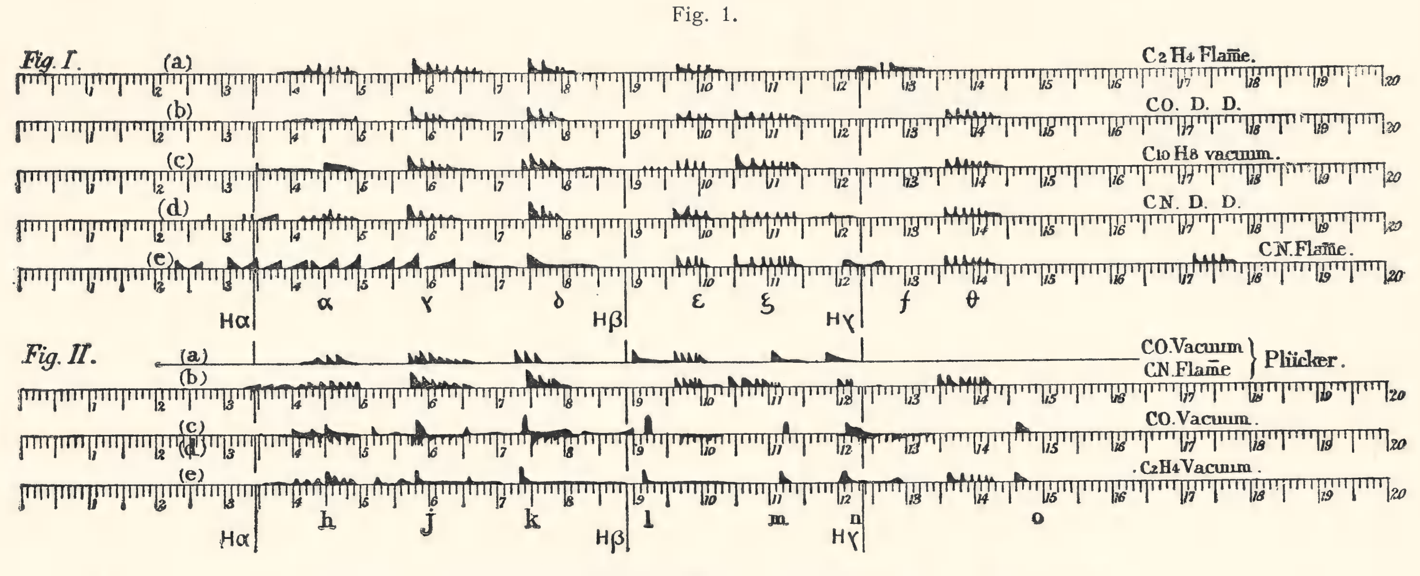
[5]) Annal. d. Chemie, 1873 (4.), Bd. XXVIII, pag. 60. Auch Kayser, «Spectralanalyse», 1883, pag. 247.

Luftdruck, wogegen Aethylen u. s. w. unter vermindertem Druck ein anderes (später mehrfach studiertes) Spectrum geben.

Cyan, in Sauerstoff verbrannt, gibt eine andere rothe Bande, welche einen anderen Charakter (in entgegengesetzter Richtung abschattiert), als die vorigen Banden haben; es erscheinen die von Watts als γ, δ und ε bezeichneten Gruppen (s. Fig. 1). Wenn dagegen Cyan in Luft verbrennt, so treten zahlreichere Bande (statt der Banden γ Watts) auf, welche Watts der Verbindung Cyan selbst zuschrieb.

Statt der im Swan'schen Spectrum vorfindlichen violetten Gruppe (*f* nach Watts, ζ nach meiner Bezeichnung) beobachtete Watts zwei brillante Gruppen von Linien (ζ nach Watts, von $\lambda = 460$ bis 450) und das violette Band $\lambda = 422$ bis 416; Fig. 1 *e* zeigt das Spectrum der Flamme von Cyan in Luft.

Fig. 1.



Darstellung verschiedener Kohlenstoffspectra nach Watts und Plücker.

Auch im Spectrum des durch Cyangas bei gewöhnlichem Druck schlagenden Inductionsfunkens (s. Fig. 1 *d*) fehlt die Watt'sche Bande *f* [1]; die übrigen Banden sind theils denen des Swan'schen Spectrums, theils mit jenem der Cyanflamme gleich.

Brennendes Kohlenoxyd gibt ein continuierliches Spectrum, jedoch beim Durchschlagen des Inductionsfunkens durch dieses Gas bei gewöhnlichem Luftdrucke erhielt Watts ein Kohlenspectrum, welches bald dem Swan'schen Spectrum I *a* (inclusive der Watts'schen Gruppe *f*) ähnlich war, bald die drei auch beim Cyan vorkommenden Gruppen ε, ζ, ϑ (Fig. 1 [Watts]) aufwies (s. Watts' Figur). Eine Geissler'sche Röhre mit Naphtalin gab das Spectrum I *c*. Fig. II *a*, *b* gibt das Schema des von Plücker beobachteten Spectrums von Kohlenoxyd im Geissler'schen Rohre (Inductionsfunken) und der Cyanflamme, Fig. II *b* und *c* die Watts'schen Beobachtungen von Kohlenoxyd und Aethylen im Geissler'schen Rohre bei vermindertem Drucke und durchschlagenden Inductionsfunken [2]).

Später (Philosoph. Magaz., 4. Ser., Bd. XLVIII, pag. 370) rectificierte Watts die Werte für die Wellenlängen der von ihm mit γ, δ, ε bezeichneten Bande, welche in meinen Tabellen mit Berücksichtigung dieser Correcturen aufgenommen sind.

---

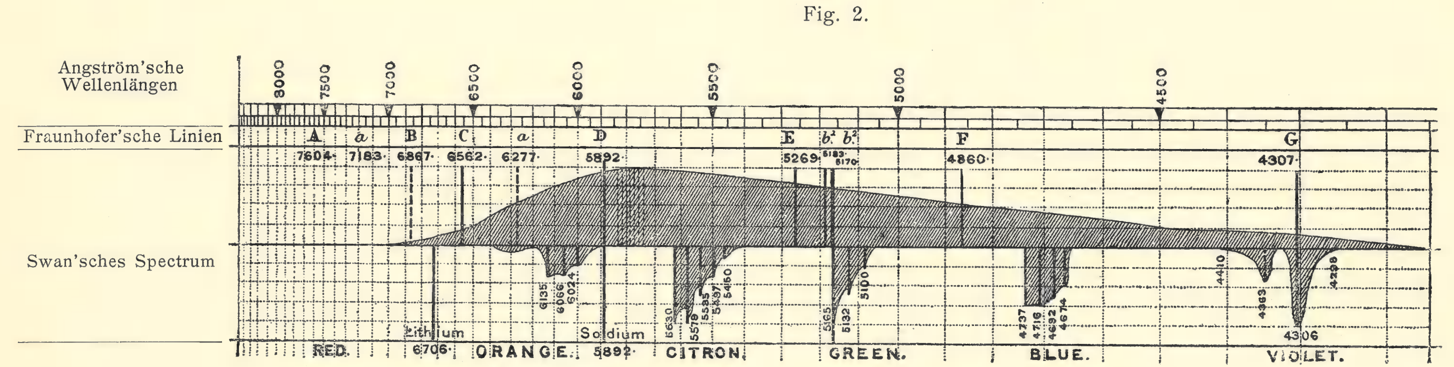
[1]) Nach H. W. Vogel kommt diese Bande jedoch auch in der Cyanflamme vor, jedoch schwächer als in brennenden Kohlenwasserstoffen.

[2]) Zum besten Verständnis des Watts'schen Schemas und der Vergleichung mit meinen Photographien des Spectrums brennender Kohlenwasserstoffe führe ich die von Watts im Jahre 1871 (Philosoph. Magaz., 4. Ser., Bd. XLI, pag. 12) nachträglich mitgetheilten Wellenlängen nebst den in seinem Schema angegebenen Buchstabenbezeichnungen an:

Auch das von P. Smith gegebene Diagramm, welches das Spectrum der blauen Flamme von Leuchtgas und Benzoldampf (mit Luft verbrennend) gibt, ist wegen des Vergleiches mit meinen Resultaten in Fig. 2 abgebildet.

Thollon (Compt. rend., 1881, Bd. XCIII, pag. 260) beobachtete eine Anzahl von Kohlenlinien im elektrischen Flammenbogen; mit derselben Lichtquelle bestimmten Kayser und Runge[1]) in höchst

Fig. 2.



Piazzi-Smyth's Darstellung des Swan'schen Spectrums.

sorgfältiger Weise das Gitterspectrum des Kohlenflammenbogens und gewannen sehr sichere Wellenlängenmessungen zahlreicher Kohlenstoff- und Cyan-Linien nach photographischen Spectrumbildern.

Obschon diese Untersuchungen nicht denselben Gegenstand betreffen, wie die von mir unternommenen und hier beschriebenen Emissionsspectren der brennenden Kohlenwasserstoffe, so ist deren Einbeziehung in die vergleichende Übersicht von Wert, weil eine Anzahl von C-Linien beiden Spectren gemeinschaftlich ist und die Durchsicht dieser Resultate einen Anhaltspunkt über die von mir erzielte Genauigkeit und über die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der von mir hier zuerst gemessenen violetten und ultravioletten Spectrumbande der Bunsenflamme geben.

Eigene Untersuchungen über das Emissionsspectrum der Bunsenflamme und verschiedener mit Sauerstoff verbrannter Kohlenwasserstoffe mittelst des Quarzspectrographen.

Bei meinen Untersuchungen des Emissionsspectrums brennender Kohlenwasserstoffe bediente ich mich der Photographie. Die photographische Beobachtung der Spectren ist nicht nur die einzig verlässliche Methode zum Studium des ultravioletten Theiles von Spectralerscheinungen, sondern sie gibt auch im indigoblauen und violetten Theile des Spectrums weitaus verlässlichere Resultate, als die directe Beobachtung mit dem Auge, welches bald ermüdet und für schwächere Lichterscheinungen im violetten Spectralbezirke äusserst unempfindlich ist.

Bei den Spectrumphotographien nahm ich jedoch auch Rücksicht auf die weniger brechbaren Strahlen. Allerdings sind die vier weniger brechbaren rothen, gelben, grünen und blauen Bande des

	Band α	Band γ	Band δ	Band ε	Band ζ	Band *f*		Band ϑ
Wellenlänge	6190	5622	5170	4734	4600	4313	4261	4220
	6110	5582	5139	4710	4574	4290	4256	4210
	6050	5534	5100	4689	4550	4285	4249	4190
	5990	5495	5082	4675	4534	4279	4243	4174
	5955	5463		4670	4514	4274	4239	4166
		5440			4505	4268	4232	4160
		5425			4502			4158

[1]) «Über die Spectren der Elemente». Abhandl. d. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1889.

Swan'schen Spectrums im sichtbaren (leuchtenden) Theil schon mehrmals und mit grosser Genauigkeit gemessen und sind nur die violetten und ultravioletten Gruppen nicht genau bekannt. Es schien mir jedoch von Wert, auf meinen Spectrographien das gesammte Bild des fraglichen Spectrums vom Roth bis ins äusserste Ultraviolett scharf definiert zu erhalten, da eine solche spectrographische Wiedergabe des Spectrums bisher überhaupt noch nicht erreicht wurde und es für die Charakteristik desselben von Wert ist, ein solches Gesammtbild vor sich zu haben. Andererseits schien es mir von Interesse, die von mir ermittelten Wellenlängen mit den bereits vorliegenden Messungen in Vergleich zu stellen, anstatt zur Fortsetzung meiner Messungen im Ultraviolett die bereits von anderen Beobachtern ermittelten Zahlen in die Tabelle einzuzeichnen.

Was speciell die ultravioletten Banden der schwach leuchtenden blauen Bunsen'schen Gasflamme betrifft, wurden dieselben von mir zuerst im Jahre 1886 mittelst der Spectrumphotographie aufgefunden, wobei ich mich eines Steinheil'schen Glasspectrographen mit drei Glasprismen bediente. Damals gelang mir nach $^1/_2$- bis 2 tägiger Belichtung die Auflösung der violetten Bande ε sowie der Gruppe ζ in zahlreiche, wohl definierte Linien und ich entdeckte die ultraviolette Gruppe η der Bunsenflamme.

In den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, 2. Abth., XCIV. Bd., 1886 (Juli-Heft) theilte ich diese Beobachtung mit und publicierte auch die Reproduction dieser Spectrumphotographie, welche sowohl auf das bekannte Magnesiumspectrum, als auch auf das Sonnenspectrum bezogen worden war. Die Wellenlängenmessungen nahm ich damals nicht vor, weil ich die Versuche mit Quarzapparaten wiederholen wollte, um Einblick über den Verlauf des Spectrums im Ultraviolett zu erlangen.

2 Jahre später photographierten H. W. Vogel und E. Vogel jun. ebenfalls das Spectrum der Bunsenflamme mit einem Glasspectrographen[1]), ohne jedoch weiter gegen Ultraviolett vorzudringen, als es mir seinerzeit gelungen war.

Um jedem Irrthum vorzubeugen, bemerke ich, dass diese ultravioletten Banden von mir bereits, wie oben erwähnt, 2 Jahre früher gefunden und in Lichtdruck publiciert worden waren.

Obschon weder Prof. H. W. Vogel noch ich selbst Wellenlängenmessungen der damals mit Glaskörpern hergestellten Spectrumphotographien der Bunsenflamme angestellt hatten, so ergibt sich dennoch aus den veröffentlichten Lichtdrucken die Identität der betreffenden, von uns beiden photographierten Spectren.

Genaue Messungen der Wellenlängen der Strahlenbündel im Emissionsspectrum der Bunsenflamme im violetten und ultravioletten Theil (Band ε, ζ, η, ϑ) liegen bis jetzt noch nicht vor.

Ich unterzog deshalb die ganzen Kohlenbanden des Swan'schen Spectrums, besonders aber die von mir entdeckten ultravioletten Banden der Bunsenflamme η und ϑ einer genauen Messung, deren Resultate später tabellarisch zusammengestellt sind.

Beschreibung des verwendeten Quarzspectrographen.

Bei meinen Versuchen war ich bestrebt, das gesammte Spectrum, vom rothen Theile bis zum äussersten Ultraviolett, auf einer Platte mittelst Quarzkörper zu photographieren; nur auf diese Weise lässt sich ein typisches Bild der Eigenthümlichkeiten eines Spectrums herstellen, was ebenso wichtig für Absorptions- als Emissionsspectren ist.

Wie bereits Herr V. Schumann aufmerksam machte[2]), liegt die Schwierigkeit, den sehr ausgedehnten Spectralbezirk von λ 7600 bis 1988 (Aluminium Nr. 30), um den es sich hier handelt, zu

[1]) Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1888, Bd. XXI (April).

[2]) Eder: «Jahrbuch für Photographie und Reproductionstechnik», 1890, pag. 159.

photographieren, darin, dass die Krümmung der Diakaustik der Linsen hinderlich ist. Ihr zufolge erscheint eine solche Aufnahme nur theilweise scharf. Von der Stelle an, wo sich Diakaustik und Platte berühren — was gewöhnlich in der Spectrumsmitte geschieht — nimmt die Bildschärfe nach beiden Seiten hin ab.

Diesen Übelstand hat man bis jetzt dadurch umgangen, dass man nicht das ganze Spectrum auf einmal, sondern beide Hälften nacheinander aufnimmt und dabei jedesmal die Schiefstellung der lichtempfindlichen Platte der Brennfläche der Linse anpasst. Solche getrennte Aufnahmen sind nicht verwendbar, wenn es sich darum handelt, gleichzeitig ein typisches Bild des ganzen Spectrums zu erhalten, wie es für meine Versuche mir von besonderem Wert schien.

Von der Anwendung der von Herrn Cornu empfohlenen Achromaten aus Quarz und weissem Flusspat[1]) musste ich absehen, weil farbloser Flusspat von tadelloser Durchsichtigkeit nicht erhältlich ist.

Hartley stellte bei seinen Aufnahmen der ultravioletten auf die Cadmiumlinie Nr. 17 ($\lambda = 2743$) ins Minimum der Ablenkung ein. Dabei passieren dann alle übrigen Strahlen, mögen sie der brechbareren oder der anderen Hälfte des Spectrums angehören, das Prisma nicht symmetrisch und wie bekannt, verliert das Linienbild umso mehr an Schärfe, je weiter es sich vom Minimum der Ablenkung entfernt.

V. Schumann in Leipzig, dem wir die genauesten Studien mit dem Quarzspectrographen verdanken und der mir bei der Anfertigung meines Spectrographen freundlichst mit Rath und That behilflich war, theilte mir seine Beobachtungen über diese Art der Einstellung (nach Hartley) mit; er fand, dass die beiden Spectrumhälften an Deutlichkeit verschieden sind und dass die minder brechbare die besser definierte von beiden ist. Noch augenfälliger wird dieser Unterschied, wenn man vom Ultravioletten ganz absieht und nur mit dem sichtbaren Spectrum operiert.

Bringt man dann beispielsweise die gelbe Natronlinie einer Kochsalzflamme in die Stellung der kleinsten Ablenkung und dreht das Prisma, so wird genannte Linie wenig an Schärfe verlieren, solange der Einfallswinkel, welchen die vom Spalt kommenden Strahlen mit der ersten brechenden Fläche des Prismas bilden, wächst; dahingegen wird ihre Reinheit bei ungewöhnlicher Verbreiterung rasch zurückgehen, sobald der genannte Winkel abnimmt. Diese Thatsache benützte V. Schumann, um die bisher gekrümmte Diakaustik der Quarzlinsen in eine möglichst plane Fläche umzugestalten.

Zu dem Zwecke stellt man das Prisma nicht, wie bisher, für die Cadmiumlinie Nr. 17, sondern für die brechbarste Linie des Zinks Nr. 29 ins Minimum der Ablenkung ein.

Von der Neigung der ersten Prismafläche zur Achse des Collimators hängt zugleich die Länge des Spectrums ab. Durch geeignete Deckung des Prismas lässt sich die Spectrumlänge dergestalt verändern, dass das Bild, vornehmlich in den Endbezirken, sichtbar an Reinheit gewinnt. — Nicht ohne Einfluss auf das Endresultat sind die Längen der Camera und des Collimators. Rohre gleicher Länge geben nicht die besten Resultate. Bei mässiger Verkürzung des Collimators und entsprechender Verlängerung der Camera erlangt man im ganzen Spectrum gleichmässigere Schärfe denn je zuvor.

Die Ermittlung der zweckdienlichsten gegenseitigen Stellung von Collimator, Prisma und Platte ist eine zeitraubende Arbeit. Es versteht sich wohl von selbst, dass nur die Resultate der photographischen Beobachtung ausschlaggebend sind.

Mit meinem, nach diesen Schumann'schen Principien hergestellten Quarzspectrographen erhielt ich Spectrumbilder von $\lambda = 7600$ (Roth) bis $\lambda = 1988$ (Aluminium Nr. 30) mit vollkommen scharfer Definition, welche das Ausmessen mit grösster Genauigkeit gestatteten.

Die «Quarzlinsen» waren aus reinstem Bergkrystall (senkrecht zur optischen Axe) geschnitten; sie hatten beiläufig eine Brennweite von 75 *cm* für die gelbe Natriumlinie. Beide Linsen waren planconvex und symmetrisch. Der Krümmungsradius war = 392 *mm* und der Durchmesser = $38^1/_2$ *mm*.

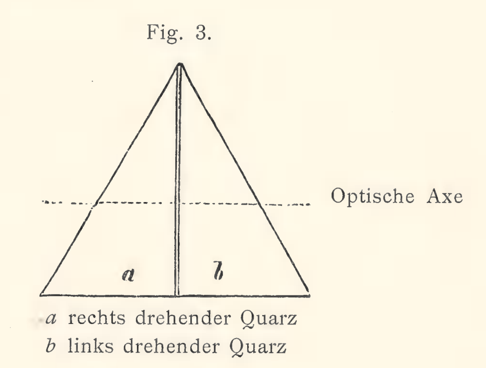
---

[1]) Cornu: «Darstellung des photographischen Spectrums von Violett bis zur Linie Nr. 32 des Aluminium auf derselben Platte» (Eder: «Jahrbuch für Photographie und Reproductionstechnik», 1889, pag. 267).

Eine dieser Linsen diente als Collimatorlinse, die andere als photographisches Objectiv. Das Quarzprisma war (nach Cornu) zweitheilig; jeder Theil war ein 30^{0}iges Prisma, wovon das eine rechts, das andere links drehend war. Die beiden Halbprismen waren senkrecht zur optischen Axe geschnitten, wie in Fig. 3*a* ausgedrückt ist. Beide Hälften wurden zusammengestellt[1]) und gaben dann ein combiniertes Prisma von 60^0 brechendem Winkel.

Infolge der Verwendung nicht achromatisierter Quarzlinsen musste die empfindliche Platte stark gegen die Axe der Cameralinse geneigt werden; die Vereinigungsweite der ultravioletten Strahlen ist nämlich bei den obigen Bedingungen bedeutend kürzer als jene der rothen und gelben. Wie bereits erwähnt, muss die Lage der empfindlichen Platte der Lage der Brennfläche der Quarzlinsen angepasst werden. Bei dem von mir verwendeten Apparat beträgt die Schiefstellung der Platte ungefähr 25^0, das ist der Winkel, den die Platte mit der Axe der Linse einschliesst. Durch diese Schiefstellung der Platte wird das Spectrumbild um das $2^1/_2$fache verlängert.

Fig. 3.



a rechts drehender Quarz
b links drehender Quarz

Es wächst somit scheinbar die Dispersion (wie bereits Schumann[2]) aufmerksam macht), aber freilich auch das Verhältnis der Breite der Spectrumlinien. Es ist diese Längenzunahme des Spectrums, in Anbetracht der schwachen Dispersion des Quarzes, ein namhafter Vortheil und da sie lediglich aus der Chromasie der Cameralinse resultiert, so ist die einfach chromatische Quarzlinse einem achromatischen Quarz-Flusspatobjectiv in diesem Falle entschieden vorzuziehen. Das Plattenformat für meine Spectrumphotographien ist 30 *cm* Länge und 8 *cm* Breite. Durch Anwendung des Lockyer'schen Spaltes mit Riegeln lassen sich bei ungeänderter Lage der photographischen Platte fünf Spectrumaufnahmen übereinander machen. Die Cassette kann 4- bis 5 mal verschoben werden, so dass auf eine Platte 4 bis 5 Aufnahmen mit voller Spaltbreite oder 20 bis 25 Aufnahmen mit partiell geöffneter Spalte sich machen lassen. Selbstverständlich ist die Dispersion des Quarzspectrographen im optisch hellen (sichtbaren) Spectrum gering. Die Ausdehnung des Spectrums von der gelben Na-Linie (D) bis zum Ende des Violett (Linie H des Sonnenspectrums) beträgt $3^1/_2$ *cm*, dagegen ist die Länge des ultravioletten Spectrums H ($\lambda = 3968$) bis zur Cadmiumlinie ($\lambda = 2147$) = 20 *cm*.

Das Arbeitszimmer.

Das Zimmer, worin die Beobachtungen angestellt wurden, war vollkommen verfinstert, und es wurde auf Erhaltung einer möglichst gleichmässigen Temperatur geachtet. In der That bewirkte selbst die 4tägige fortgesetzte Belichtung nicht die nachweisbare Verdopplung irgend einer Linie. Trotzdem wendete ich die Vorsicht an, dass ich bei einer längeren Belichtungsdauer das Metall-Vergleichsspectrum nach Ablauf der ersten Hälfte der Gesammt-Belichtungszeit während des Brennens der Bunsen'schen Flamme und durch dieselbe hindurch auf die Bromsilberplatte photographierte. Dadurch wurde beabsichtigt, das Vergleichsspectrum mit Bezug auf den mittleren Stand des Spectrographen anzubringen, im Falle der andauernd vor dem Spalt brennende Bunsenbrenner eine geringe Veränderung herbeigeführt haben sollte. Die Erwärmung des Spaltschlittens betrug bei dieser Anordnung ungefähr 28^0 C., während die Lufttemperatur im Raume durchschnittlich 17^0 C. war.

---

[1]) Ohne jedes Bindemittel. Canada-Balsam ist für die Photographie des Ultraviolett ganz ungeeignet; dagegen wäre dickes Glycerin verwendbar, welches die ultravioletten Strahlen äusserst wenig absorbiert.

[2]) Eder: «Jahrbuch für Photographie und Reproductionstechnik», 1889, pag. 233.

Behandlung der photographischen Platten.

Die angewendeten photographischen Platten waren hochempfindliche Bromsilbergelatineplatten von einer Empfindlichkeit = 23° des Warnerke-Sensitometers.

Zum Theil wurden selbsterzeugte Jodbromsilberplatten (mittelst Silberoxydammoniak nach Eder's Methode hergestellt[1]), zum Theil auch Platten aus der Emulsionsplattenfabrik von Dr. Schleussner in Frankfurt a. M. verwendet. Selbstverständlich muss die Emulsion auf Spiegelglas aufgetragen sein. Das Plattenformat war 8 : 30 *cm*. Als Entwickler diente Pyrogallol-Soda oder Pyrogallol-Pottasche, welche Entwicklungsart für die Schärfe der Spectrallinien sich entschieden vortheilhafter erwies, als der in neuerer Zeit in der Photographie häufig verwendete Hydrochinon- oder Eikonogen-Entwickler.

Für die selbstbereiteten Silberoxydammoniakplatten benützte ich in der Regel einen folgendermassen zusammengesetzten Pyrogallol-Soda-Entwickler:

A. 100 *g* neutrales Natriumsulfat (Krystall)
500 *cm*³ Wasser
6 Tropfen concentrierte Schwefelsäure
14 *g* Pyrogallol.

B. 50 *g* krystallisiertes Natriumcarbonat
500 *cm*³ Wasser.

C. 1 *g* Bromkalium
10 *cm*³ Wasser.

Vor dem Gebrauche mischt man 1 Vol. *A* mit 1 Vol. *B* und 1 Vol. Wasser; entwickeln sich die Platten in diesem Gemische nicht ganz schleierlos, so fügt man auf ungefähr 50 *cm*³ Entwickler 4 bis 6 Tropfen Bromkaliumlösung hinzu.

Schleussner-Platten und andere minder kräftig arbeitende hochempfindliche Gelatine-Emulsionsplatten entwickelte ich dadurch, dass ich eine Pottasche-Lösung aus

D. 50 *g* calciniertes Kaliumcarbonat und
500 *cm*³ Wasser

herstellte und in obiger Vorschrift an Stelle der Natriumcarbonat-Lösung verwendete; es genügt die halbe Menge der Pottasche-Lösung, nämlich

20 *cm*³ *A* (Pyrogallol-Lösung)
10 *cm*³ *D* (Kaliumcarbonat-Lösung)
20 *cm*³ Wasser
und 4 bis 6 Tropfen Bromkalium-Lösung.

Als Fixierer dient angesäuerte Natriumhyposulfit-Lösung, nämlich

250 *g* Natriumhyposulfit (Fixiernatron)
1 *l* Wasser
50 *cm*³ concentrierte Natriumbisulfit-Lösung[2]).

In diesem saueren Fixierbade werden die Negative sehr klar und verlieren jede Spur von Gelbfärbung der Gelatineschichte, welche die mit Pyrogallol entwickelten Platten öfters zeigen.

Sollen bei der Photographie der Spectren die gelben und grünen Strahlen berücksichtigt werden, so bedient man sich orthochromatischer Platten, welche ich mir stets selbst aus gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten durch Färbung mit Erythrosin oder Erythrosinsilber darstelle.

---

[1]) S. Eder: «Photographie mit Bromsilbergelatineplatten», 1890 (Knapp, Halle a. d. Saale).

[2]) Nämlich concentrierte Natriumbisulfit-Lösung, welche mit Schwefeldioxyd übersättigt ist. Solche Lösungen kommen zu billigen Preisen in den Handel und werden gegenwärtig in der praktischen Photographie häufig verwendet (s. Eder: «Photographie mit Bromsilbergelatine», 3. Aufl., 1890, pag. 309).

Man stellt eine Lösung von 1 Theil Erythrosin[1]) und 1000 Theilen Wasser und andererseits eine Lösung von 1 Theil Silbernitrat in 80 cm^3 Wasser her. Vor dem Gebrauche werden

25 cm^3 Erythrosin-Lösung
1 cm^3 Silbernitrat-Lösung
$^1/_2$ cm^3 = 8 Tropfen Ammoniak (Dichte = 0·91)
und 75 cm^3 Wasser

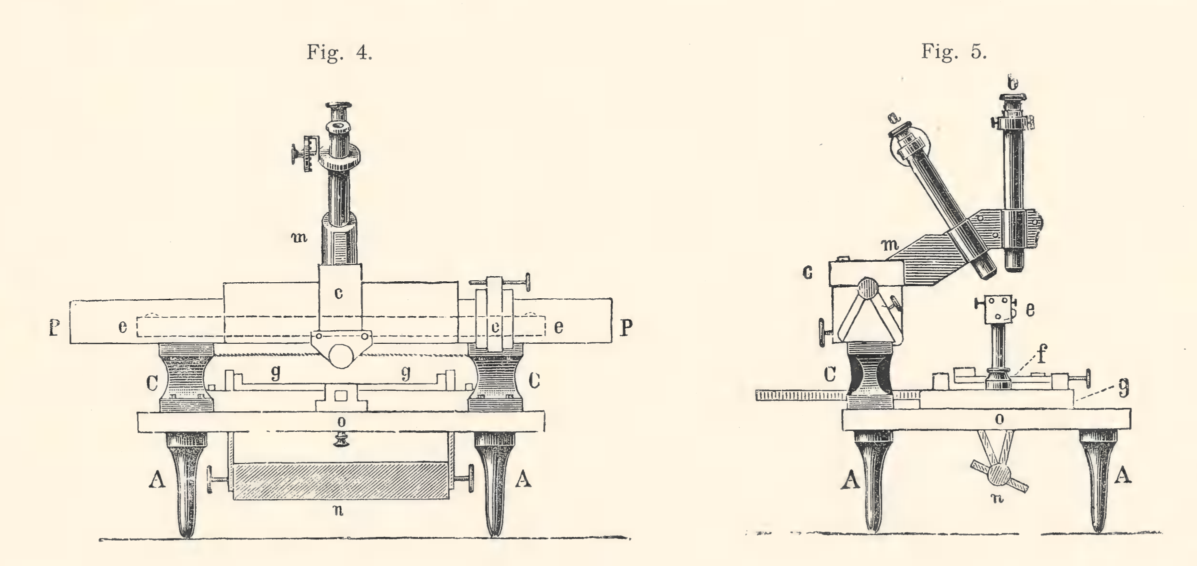
gemischt, bestens filtriert und in der Dunkelkammer darin eine gewöhnliche Emulsionsplatte durch 1 Minute gebadet[2]). Die Platten werden frei in der Luft bei völliger Finsternis getrocknet und halten sich dann 2 bis 3 Tage lang.

Der Ausmessapparat.

Zum Ausmessen der Lage der Spectrallinien auf den photographischen Negativen müssen sehr genaue Ausmessapparate verwendet werden, bei welchen man grössere Strecken der Negative rasch und sicher messen kann. Mein Ausmessapparat wurde nach dem Muster des bewährten V. Schumann'schen Instrumentes[3]) durch Herrn E. v. Gothard in Hereny construiert und angefertigt.

Derselbe besteht in Folgendem: Als Masstab dient ein Millimeterstab (von Wanschaff, Berlin), an welchem die Ablesung mittelst eines Ablesemikroskopes erfolgt; in fester Verbindung mit dem Mikroskope bewegt sich ein zweites Mikroskop, welches zur Einstellung der Spectrallinien dient. Das Mikrometergewinde

Fig. 4. Fig. 5.



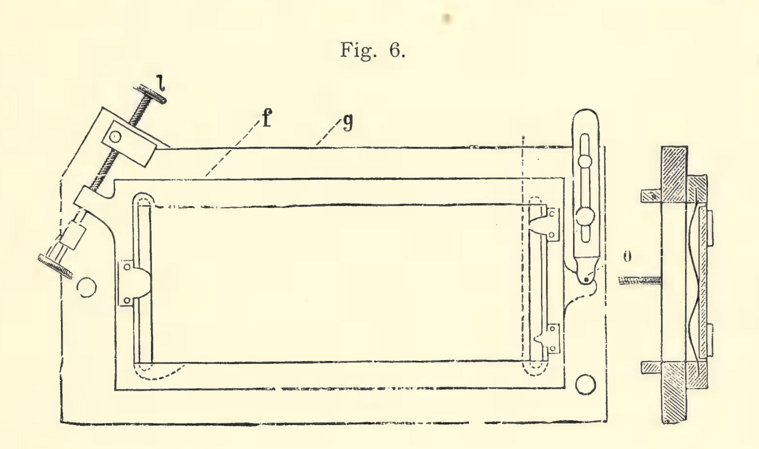
im Ocular-Schrauben-Mikrometer wird nur auf die Strecke eines Millimeters benützt; grössere Strecken werden am Millimeterstab abgelesen. Fig. 4 und 5 zeigen die Hinter- und Seitenansicht des Instrumentes.

A in Fig. 4 und 5 ist ein massiver Eisentisch, welcher mit dem Eisenprisma (*PP*) und dem eisernen Tisch (*oo*) fest verbunden ist. Auf dem Prisma (*PP*) ist der Schlitten (*C*) aufgesetzt, welcher durch sein eigenes Gewicht auf demselben ruht und die beiden Beobachtungsmikroskope (*a* und *b*) mit dem massiven, festverbundenen Bügel (*m*) trägt. Der Schlitten hat eine Rohbewegung mittelst einer Zahnstange und Schraube; für die feine Bewegung ist eine Mikrometerschraube angebracht, welche gleichfalls auf einem separaten kleinen Schlitten ruht, dessen Backen das Prisma umschliessen und auf diesem — an beliebiger Stelle — mit einer Klemmschraube festgeklemmt werden kann. Der obere Theil dieser Vor-

[1]) Die Erythrosinsorten des Handels sind sehr verschieden; ich benütze stets Erythrosin von Dr. Schuchardt in Görlitz.
[2]) Die Tasse muss hiebei stets geschwenkt werden, um Flecken zu vermeiden.
[3]) S. Konkoly: «Anleitung zur Himmelsphotographie», 1887, pag. 191.

richtung trägt die Mikrometerschraube. Durch diese Schraube werden die Ablesemikroskope mit dem Schlitten (*c*), auf welchem sie befestigt sind, von rechts nach links geschoben; diese Bewegung ist sehr sicher, dient jedoch nur zum Freieinstellen auf kleinen Strecken. Fig. 6 zeigt den Tisch, auf welchem die Spectralnegative festgeklemmt oder mit Klebwachs fixiert werden. Auf dem Tische (*o* in Fig. 4 und 5) liegt ein planer Rahmen (*g* in Fig. 6), auf welchem sich ein beweglicher Rahmen (*f*) befindet. Dieser dreht sich um den Zapfen (*o*) und kann mit der Schraube (*l*) derart bewegt werden, dass die Spectrallinien der Platte senkrecht auf die Bewegung des die Ablesemikroskope tragenden Schlittens (*c* in Fig. 4 u. 5) zu stehen kommen. Die Negative werden in den Rahmen (*f*) eingespannt, damit sie sich während des Ablesens nicht verschieben. Der Millimeterstab (*e*) ist mittelst zweier Säulen mit dem Rahmen (*g*) verbunden. Die Spectralnegative werden beim Ausmessen von unten mittelst eines Spiegels (*n*) beleuchtet; mitunter nimmt man die Spectrallinien im Mikroskope besser wahr, wenn statt des Spiegels eine weisse Porzellanplatte als Reflector benützt wird. Das eine Ablese-Mikroskop (*a* und *b*) ist auf den Mikrometerstab, das andere auf das Negativ eingestellt; ersteres ist mit einem Ocularmikrometer, letzteres blos mit einem Andreaskreuz versehen. Die Vergrösserung ist eine 20fache.

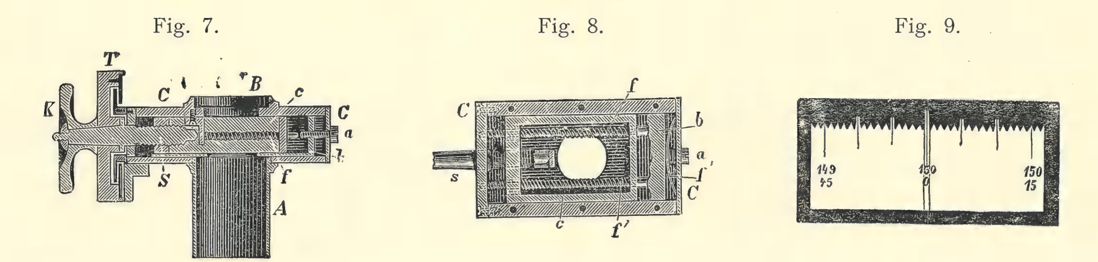
Fig. 6.



Die Mikrometerschraube im Mikroskope (*a*) hat 10 Gänge auf einen Millimeter und die Trommel ist in 100 Theile getheilt. Die Einrichtung der Mikrometervorrichtung zeigen Fig. 7, 8 und 9 (Konkoly a. a. O.).

a ist das Mikroskoprohr, auf welches der viereckige Kasten (*CC*) aufgesetzt ist; in diesem bewegt sich der Rahmen (*c* in Fig. 7), auf welchem die beiden in Fig. 9 sichtbaren parallelen Fäden aufgespannt sind; in diesem Rahmen befindet sich auch das Muttergewinde der Mikrometerschraube (*S*), welche an ihrem äusseren Ende die Trommel (*T*) und den Knopf (*K* in Fig. 7) trägt. Der todte Gang der Mikrometer-

Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.



schraube ist durch zwei Spiralfedern (*f* und *f'*) aufgehoben. Die Platte (*b*), Feder (*f''*) und Schraube (*a*) dienen zur Collection des Nullpunktes der Zählung (Fig. 8).

Das Ausmessen der Spectrallinien, bei welchem mir, sowie bei einem Theile der hier beschriebenen Versuche, Herr J. Hof und Herr Ritter v. Reisinger assistierten, geschah direct an den Originalnegativen, welche auf den Ausmessapparat mittelst Klebwachs derartig aufgekittet waren, dass eine Verschiebung ohne Gewaltanwendung nicht möglich war. Das Einstellen des Fadenkreuzes des Messapparates auf die Spectrallinien geschah bei scharfen Linien stets auf die Mitte derselben. Bei verwaschenen Linien, insbesondere bei solchen, welche (wie die Linien des Bandenspectrums des Kohlenstoffes) gegen die eine Seite scharf sind, gegen die andere allmählich schwächer werdend, sich bei verlängerter Belichtung verbreitern, ist das Einstellen schwieriger; es ist nämlich weder die Lage der scharfen Kante constant, noch die Mitte des breiten Streifens.

Der Grund liegt darin, dass die scharfe Kante sich bei verlängerter Belichtung um einen kleinen Betrag infolge der Verbreiterung verschiebt, dagegen die allmählich verlaufende verwaschene Seite einer solchen Linie bei verlängerter Belichtung sich unverhältnismässig stärker verbreitert. Aus diesem Grunde ist sowohl das Einstellen auf die scharfe Kante, als auf die Mitte unsicher. Dagegen erhält man constante, vergleichbare Zahlen, wenn man die Ablesung solcher einseitig verwaschenen Linien folgendermassen vornimmt: man bringt die Lichtquelle derartig vor den Spalt, dass sie den Spalt nicht vollkommen gleichartig deckt, sondern in der Mitte des Spaltes eine stärkere Lichtwirkung erfolgt, als an den Enden desselben. Man erreicht dies zum Beispiel, wenn man in Leuchtgas einen Strom von Sauerstoff einführt, so dass ein kleiner, intensiver, blauer Flammenkegel entsteht, welcher nur die Hälfte des Spaltes bedeckt. Dadurch erhält man Spectrographien, auf welchen die Linien in der Mitte stark sind, an den Enden aber allmählich schmäler werden und sich endlich ganz verlieren. An diesen schmalen Enden, jedoch in einer der Mitte des Spectrumbandes parallelen Richtung erfolgt dann die Einstellung mit Sicherheit und repräsentiert die Ablesung das Maximum der Wirkung (Helligkeit) der betreffenden Spectrallinien. Selbstverständlich differieren diese Ablesungen von jenen, bei welchen die scharfe Kante eingestellt ist; zum Beispiel bei den Kohlenstoffbanden β, γ, δ etc. sind die aus den erstgenannten Ablesungen gerechneten Wellenlängen etwas kleiner als die nach der letzteren Methode ermittelten Zahlen.

Aus den erwähnten Gründen scheint mir jedoch die Ablesung von der Mitte der allmählich schwächer werdenden und schliesslich dünnen Linie, an jener Stelle, wo sie schon bedeutend verschmälert, aber eben noch deutlich sichtbar ist, die genaueste und richtigste zu sein; in dieser Weise erfolgte auch die Ausmessung der gesammten Linien des Swan'schen Spectrums.

Die Herstellung der Kohlenwasserstoff-Flamme und der vergleichenden Spectrumphotographien der ersteren mit den Metallspectren.

Zur Beobachtung des Swan'schen Spectrums wurde der blaue untere Flammenkegel eines Bunsen'schen Gasbrenners benützt. Derselbe hatte einen Rohrdurchmesser von 2 *cm*; der obere Theil der Röhre bestand aus starkem Platinblech, damit die Flamme nicht verunreinigt werde. Diese Platinröhre liess sich leicht herabnehmen, so dass sie vor und nach jedem Versuche sorgfältig durch Auskochen mit Wasser, beziehungsweise Salpetersäure, gereinigt werden konnte. Der Luftzutritt zum Brenner war so reichlich, dass sich an der nicht leuchtenden Bunsenflamme keine Spur eines leuchtenden Saumes bemerken liess.

Eine Versuchsreihe wurde mit Anwendung eines Quarz-Condensors gemacht — eine andere ohne Condensor — so zwar, dass die Flamme ungefähr 8 *cm* vor den Platinspalt des Collimatorrohres gebracht wurde. Bei der erstgenannten Anordnung (Schumann'scher Condensor mit gekreuzten Quarzcylinderlinsen) war das Spectrumbild schwächer. Da der blaue Flammenkegel des Bunsen'schen Gasbrenners reichlich die ganze Höhe des Spaltes des Spectrographen bedeckte, so wurden bei der directen Aufstellung der Flamme vor dem Spalt auf der photographischen Platte Spectrumphotographien erhalten, welche die Linien entsprechend der vollen Länge des Spaltes gaben.

In ähnlicher Weise wurde das Linnemann'sche Sauerstoffgebläse vor dem Spalt aufgestellt und mit Wasserstoff, welcher mit Leuchtgas, Sauerstoff oder Wasserstoff, Benzoldampf oder Petroleumaether gesättigt war[1]), gespeist.

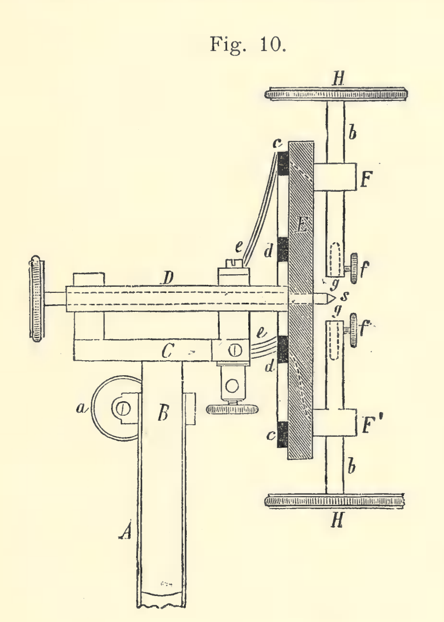
---

[1]) Dies geschah durch Einleitung des Gases in drei Woulff'sche, hintereinander aufgestellte Flaschen, welche zur Hälfte mit Benzol etc. gefüllt waren, so dass der Wasserstoff die Kohlenwasserstoffschichte mehrmals passieren musste. Der Wasserstoff war aus reinstem Zink und Schwefelsäure entwickelt und durch Waschen mit Silbersulfatlösung, Ätzkali, concentrierter Schwefelsäure gereinigt.

Das Vergleichsspectrum.

Zur Herstellung und gleichzeitigen Photographierens eines Vergleichsspectrums wurde mittelst eines grossen Ruhmkorff das Funkenspectrum einer Legierung von Cadmium, Zink und Blei (zu gleichen Theilen) erzeugt. Das Ruhmkorff'sche Inductorium gestattete die Erzielung einer Funkenschlagweite von 25 *cm*. Der elektrische Strom wurde mittelst sechs grosser Vohwinkel'scher Elemente (platiniertes Blei mit Chromsäure, amalgamiertes Zink in einem Thondiaphragma mit verdünnter Schwefelsäure) erzeugt; die Batterie gab, frisch gefüllt, 17 Ampère und 12 Volt Spannung. Der Funke wurde durch Einschaltung von drei grossen Leydenerflaschen verstärkt. Die Distanz der Metallelektroden betrug ungefähr 2 *mm*. Der Funkengeber war in einer Entfernung von 40 bis 50 *cm* vom Spalt des Spectralapparates aufgestellt, so dass die Guttaperchabestandtheile desselben selbst beim andauernden Brennen der Gasflamme nicht Schaden leiden konnten. Der Metallfunke schlug in horizontaler Richtung über und ferner wurde derselbe vor die Mitte des Spaltes gebracht. Dadurch erreichte ich, dass ein scharf definiertes Spectrum der Legierung in der Mitte der Platte entstand. Der Spalt war (nach Lockyer's Vorgang) durch fünf kleine Schieber verdeckt, welche successive geöffnet oder geschlossen werden konnten. Das Funkenspectrum der Cadmium-, Zink-, Bleilegierung photographierte ich bei geöffnetem Mittelriegel mit einer Belichtungsdauer von 10 bis 20 Minuten; während dieser Zeit entsteht eine vollkommen kräftige, gut definierte Photographie der Metallinien und zwar nicht nur der Hauptlinien, sondern auch der von Hartley genau bestimmten schwächeren Linien[1]).

Fig. 10.



Dadurch wird ein hinlänglich gleichmässig sich über die Bildfläche erstreckendes Vergleichsspectrum erhalten, welches so kräftig ist, dass es durch das mit hineinphotographierte Swan'sche Spectrum gut erkennbar ist. Um die zum Swan'schen Spectrum gehörigen Linien von denjenigen der Mettallegierungen leicht und sicher unterscheiden zu können, liess ich das Spectrum der Bunsen'schen Flamme bei voller Spaltöffnung einwirken. Es breitet sich demnach auf den schliesslich erhaltenen Spectrumphotographien das Swan'sche Spectrum mit doppelter Länge der Linien oberhalb und unterhalb des Vergleichsspectrums aus. Dadurch wird das Ausmessen der Linien wesentlich erleichtert und die Genauigkeit namhaft erhöht. Das Aufeinanderphotographieren von mehreren Spectren gibt jedoch dort zu Unklarheiten Anlass, wo die Platte von lichtstarken Linien verschiedener Spectren getroffen wird.

In diesem Falle müssen die Spectren nebeneinander photographiert werden, ohne dass die photographische Platte oder der Spectrograph verändert werden darf; dies geschieht mittelst des vor dem Spalt befindlichen Riegels.

Beim Übereinanderphotographieren zweier zu vergleichender Spectren ist die grösste Sorgfalt auf das richtige axiale Einfallen des Lichtes der zu beobachtenden Lichtquellen zu legen. Das Einstellen des Metallfunkens geschah dadurch, dass eine kleine runde Blende dicht vor die Collimatorlinse eingesetzt wurde und dann das helle Spaltbildchen mit dem von Schumann empfohlenen, vor der Mitte des Prismas befindlichen Spiegel[2]) beobachtet wurde. Die Regulierung der Höhe des Inductionsfunkens geschah mit einem Eug. von Gothard'schen Funkengeber, dessen Einrichtung aus Fig. 10 ersichtlich ist.

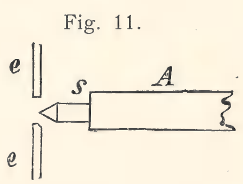
---

[1]) Wird der Metallfunke nicht genau gegenüber der mittleren Spaltöffnung erzeugt, so entsprechen die Spectrallinien nicht der ganzen Länge der freigelassenen mittleren Spaltlänge, sondern werden kürzer und verlaufen bald als längere, bald als kürzere Linien.

[2]) S. Konkoly: «Anleitung zur Himmelsphotographie», 1887, bei W. Knapp in Halle a. S.

Er ist ähnlich dem von V. Schumann construierten und mit Erfolg verwendeten Apparat. Auf einem verstellbaren Röhren-Stativ (*A*) bewegt sich (mittelst einer Zahnstange und Schraube) die Stange (*B*) auf- und abwärts und kann mit der Schraube (*a*) geklemmt werden. Die dicke Ebonitscheibe (*E*) trägt zwei Messinglager (*F*, *F'*), welche die beiden starken Messingstäbe (*bb*) aufnehmen; diese Stäbe sind bei *gg* rund ausgebohrt, um die Elektroden aufnehmen zu können, welche mit Hilfe der Schrauben (*ff*) festgeklemmt werden. Die Enden der Messingstäbe tragen grosse Ebonitscheiben, mit welchen man die Elektrodendistanz auch während des Ganges des Inductoriums verändern kann. Auf der Rückseite der Ebonitscheibe (*E*) sind zwei Messingringe (*cc* und *dd*) aufgesetzt, wovon der eine mit *F*, der andere mit *F'* in leitender Verbindung steht. Die Polklemmen sind am Ebobitständer (*C*) aufgesetzt und mit Messingfedern mit den Ringen (*cc* und *dd*) in Contact gebracht.

Fig. 11.



Die Scheibe (*E*) kann um ihre Achse (*D*) beliebig gedreht werden, wobei stets der Strom eingeschaltet bleibt. Die Achse (*D*) ist hohl und in ihrem Innern kann leicht ein cylindrischer Stab aus Stahl, welcher, wie Fig. 11 zeigt, in eine Spitze (*S*) ausgeht, hin- und hergeschoben werden. Dieser cylindrische Stab dient (wie bei Schumann's Vorgang) zum Justieren der genauen Lage des Funkens. Man nähert nämlich die Elektroden stets in gleicher Weise der Spitze (*S*), um sie constant auf eine bestimmte Stelle zu bringen; geringe Abweichungen in der Stellung der Elektroden bewirken nämlich ein Hin- und Herrücken des Metallspectrums auf der photographischen Platte, was bei Versuchen über Coïncidenz von Linien vermieden werden muss. Auch kann man die Folgen der ungleichen Abnützung der Elektroden, während einer photographischen Aufnahme, nicht nur durch Umschalten der Pole, sondern auch durch Drehung der Scheibe (*E*) um 180^0 unschädlich machen.

Das Bezugsspectrum.

Als Bezugslinien wurden die Hartley-Adeney'schen Zahlen[1]) gewählt, da dieselben gut mit den von Liveing und Dewar angegebenen Zahlen (Philosoph. Transact., 1883, Vol. CLXXIV, Part. 1, ferner Philosoph. Transact., 1888[2]) für die Wellenlängen $\lambda > 2370$ stimmen[3]). (NB. Bei späteren Untersuchungen wurden Rowland'sche Standards gewählt; s. später.)

Die Ausmessungen der Spectrumnegative und die darnach durch Interpolierung berechneten Wellenlängen der in dieser Abhandlung angeführten Spectren bezog ich auf nachfolgende Linien der aus gleichen Theilen hergestellten Legierung von Cadmium, Zink und Blei, auf einige charakteristische Luftlinien, sowie in einzelnen Fällen auf das mitphotographierte Magnesiumspectrum (im Inductionsfunken).

Pb	5607 λ	Thalén	Zn	4721	Thalén
Cd	5378	„	Zn	4680	„
	———			———	
Mg	5183	„	Mg	4481·0	„
Mg	5172	„	Pb	4386·4	Hartley u. Adeney
Mg	5167	„	Luft	4348·4	„
Cd	5085	„	Pb	4245·3	„
	———			———	
Cd	4799	„	Pb	4057·6	„

[1]) Hartley und Adeney: «Measurements of the Wave-Lengths of Lines of high refrangibility in the Spectra of elementary Substances» (Philosoph. Transact. of the Royal Soc., 1884 [im Auszug: Watts: «Index of Spectra», Manchester 1889]).

[2]) Im Auszuge: Watts: «Index of Spectra», 1889.

[3]) Vergl. A. Grünwald, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., 2. Abth., Bd. XCIII, pag. 791, Wien 1890.

Luft	3994·5	Hartley u. Adeney	Zn	3035·4	Hartley u. Adeney
Luft	3954·8	„	Zn	3017·5	„
Luft	3918·5λ	„	Cd	2979·9	„
Mg	3837·9	„	Cd	2947·1	„
	——		Cd	2880·1	„
Pb	3682·9	„	Pb	2872·2	„
Pb	3639·2	„	Pb	2832·2	„
Cd	3611·8	„	Pb	2822·1	„
Cd	3609·6	„	Pb	2801·4	„
Pb	3572·6	„	Zn	2800·1	„
Cd	3466·8	„	Zn	2770·2	„
Cd	3402·9	„	Cd	2747·7	„
Zn	3344·4	„	Zn	2711·5	„
Zn	3301·7	„	Pb	2662·5	„
Zn	3281·7	„	Pb	2613·4	„
Cd	3260·2	„	Zn	2607·6	„
Cd	3249·5	„	Cd	2572·2	„
Pb	3176·0	„	Zn	2557·3	„
Cd	3161·0	„	Zn	2526·3	„
Cd	3132·5	„	Zn	2521·3	„
Mg	3096·2λ	„	Zn	2514·7	„
Cd	3095·0	„	Zn	2501·5	„
Cd	3084·3	„	Zn	2490·4	„
Zn	3075·6	„	Cd	2469·3	„
Zn	3071·7	„	Zn	2441·6	„

Die Wellenlängen sind, bei meinen Untersuchungen, in Angström'schen Einheiten 10^{-7} *mm* angegeben, wie dies auch von H. Kayser und Runge[1]) und Anderen geschah. Die Genauigkeit meiner Messungen erstreckte sich im sichtbaren Spectralbezirke zumeist auf Eine Angström'sche Einheit; im Ultraviolett, wo die Dispersion eine viel grössere ist, dagegen bis auf $^1/_{10}$ Angström'sche Einheit.

Es entsprechen nämlich 159 Theile des von mir benützten Ausmessapparates zum Beispiel im Gelb zwischen Pb = λ = 5607 bis Cd = λ = 5378 Einer Angström'schen Einheit; im Blau zwischen Cd = 4799 bis Zink = λ = 4721 entsprechen 230 Theile Einer Angström'schen Einheit; im Ultraviolett zwischen Zn = λ = 3344 bis Zn = λ = 3302 entsprechen 653 Theile Einer Angström'schen Einheit und zwischen Pb = λ = 2613 bis Zn = λ = 2608 entsprechen 1346 Theile Einer Angström'schen Einheit.

Beschreibung des Emissionsspectrums der brennenden Kohlenwasserstoffe (Swan'sches Spectrum) auf Grund meiner Untersuchungen.

Im Emissionsspectrum der mit Sauerstoff verbrennenden Kohlenwasserstoffe (blauer Flammenkegel) kann man zwei Hauptarten von Spectren unterscheiden:

1. Die dem Kohlenstoff oder Kohlenwasserstoff angehörenden Bande.
2. Das dem verbrennenden Wasserstoff (Wasserdampf) zugehörige Spectrum.

---

[1]) «Über die Spectren der Elemente». Abhandl. d. königl. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1889.

I. Die dem brennenden Kohlenwasserstoff oder Kohlenstoff angehörigen Bandenspectren im Swan'schen Spectrum.

Im Spectrum des brennenden Leuchtgases oder anderer brennender Kohlenwasserstoffe, welche mit hinlänglichen Mengen Luft oder Sauerstoff verbrennen, so dass sich ein schwach leuchtender blauer Flammenkegel zeigt, erscheinen bei Beobachtungen im Quarzspectrographen acht leuchtende Banden, welche aus mehr oder weniger zahlreichen hellen Linien bestehen, die sich von einem nicht leuchtenden Grund abheben; an einzelnen Partien dieser Banden tritt neben den hellen Linien ein schwach leuchtendes continuierliches Spectrum auf, welches an den intensivsten Stellen der Bande mehr oder weniger deutlich erscheint, einen Theil der Bande erfüllt und in der Richtung der weniger hell verlaufenden Seite der Bande bald aufhört. Dieses continuierliche leuchtende Spectrum, von welchem sich die noch helleren Spectrallinien abheben, tritt besonders im sichtbaren Theile des Spectrums bei den Banden γ und ζ auf, ist jedoch bei allen beobachteten Banden mehr oder weniger bemerkbar. Die bis jetzt bekannten, einschliesslich der von mir aufgefundenen, Banden des sogenannten Swan'schen C-Spectrums lassen sich entsprechend dem Baue der Linien, aus welchen sie bestehen, in zwei verschiedene Gruppen theilen.

1. Erste Gruppe von C-Banden des Swan'schen Spectrums, welche gegen das weniger brechbare Ende zu die stärksten Linien aufweisen und in derselben Richtung eine scharfe kräftige Kante zeigen, während die folgenden Linien, gegen das stärker brechbare Ende zu, allmählich schwächer werden und in grossen Abständen aufeinander folgen; hieher gehören die bis jetzt bekannten Bande α, β, γ, δ und die von mir zuerst genau ausgemessene Bande ζ.

2. Zweite Gruppe von Linien des Swan'schen Spectrums, bei welcher die Anordnung der Linien und die Abschattierung der Banden in der entgegengesetzten Richtung erfolgt; hiebei ist die charakteristische Grenzlinie der Bande gegen das brechbare Ende gelegen und hieran schliesst sich in der Richtung des weniger brechbaren Theiles des Spectrums eine aus zahlreichen Linien bestehende Bande an, bei welcher die Linien in derselben Richtung schwächer werden; zugleich folgen die Linien gegen das weniger brechbare Ende zu in immer grösseren Abständen.

Hierher gehören drei Banden in dem äusseren violetten und ultravioletten Theile des Spectrums und wurden bisher im Swan'schen Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe noch nicht beschrieben. Es sind dies die von mir theils neu aufgefundenen, theils zuerst ausgemessenen homologen Banden ε, η und ϑ. Es ist für diese Banden charakteristisch, dass die gegen das stärker brechbare Ende gewendete starke Schlusslinie derselben deutlich isoliert ist von der gegen das weniger brechbare Ende zu abschattierten Liniengruppe.

Besonders auffallend ist dies bei der Bande η, welche typisch ist; ganz analog ist der Bau der Gruppe ϑ, welche jedoch 5- bis 10mal lichtschwächer als erstere ist; nach meiner Ansicht gehört auch die Bande ε zu dieser Gruppe von Banden. Es zeigen nämlich sämmtliche drei Bande die Eigenthümlichkeit, dass sie neben der dichten gegen das weniger brechbare Ende abschattierten Liniengruppe noch eine einzelstehende Linie aufweisen, welche in einer geringen Entfernung, aber dennoch deutlich isoliert, sich an die erwähnte Liniengruppe gegen Ultraviolett zu anschliesst (s. Taf. I, wo der Bau dieser Bande in der Reproduction am deutlichsten bei η ersichtlich ist).

Beim Band ε ist dieser analoge Linienbau weniger deutlich sichtbar, weil sich die drei Linien $\lambda = 4380$, 4372, 4364[1]) in die Bande ε hineinlagern und wahrscheinlich nicht zur eigentlichen, gegen Roth zu abschattierten Liniengruppe ε gehören[2]).

---

[1]) Es sind dies drei Linien, welche besonders stark im brennenden Cyan auftreten. D. Kayser und Runge führen sie als die drei Kanten der fünf C-Bande (im elektrischen Flammenbogen zwischen Kohlenelektroden) an.

[2]) In meinen Tabellen und Figuren ist trotzdem die gesammte Bande von $\lambda = 4380$ bis 4325 als «Bande ε» bezeichnet worden, weil sie beim Betrachten des Spectrums als abgeschlossene Gruppe erscheint.

Einzelbeschreibung der Banden.

Die rothe Bande α erscheint in der gewöhnlichen Bunsenflamme als ein schwaches sichtbares verschwommenes Band, welches nur beim Einblasen von Sauerstoff sich deutlich in Linien auflöst. Die beim Zutritt von Sauerstoff auftretende deutliche rothe Liniengruppe weist in Apparaten von mässiger Dispersion (1 bis 2 Glasprismen) fünf Linien auf.

Besonders gut erscheint die Gruppe, wenn das Leuchtgas mit Benzol oder Petrol-Aether etc. gesättigt ist, bevor es zum Verbrennen gebracht wird.

Die gelbe Bande β tritt in der gewöhnlichen Bunsenflamme viel deutlicher auf, besteht aus fünf Linien, wovon die am wenigsten brechbare die stärkste ist und die Linien gegen das brechbare Ende schwächer werden. Die letzte Linie ($\lambda = 5570$) ist in der gewöhnlichen Bunsenflamme kaum sichtbar. Verbrennt der Kohlenwasserstoff mit Sauerstoff im Gebläse, so wächst die Helligkeit dieser Bande sehr stark. In der Photographie sind die von mir gemessenen fünf Linien gut sichtbar; sie erscheinen hell auf einem schwach leuchtenden continuierlichen Grunde, welches continuierliche Spectrum sich noch über die letzte deutliche Linie ($\lambda = 5570$) erstreckt. Dieses Band ist nur auf Erythrosin-, Eosin- oder ähnlichen — sogenannten «orthochromatischen» — Platten photographierbar. Auf gewöhnlichen Platten erscheint es nicht (vergl. Taf. I, Spectrum 2 und 3).

Die grüne Bande γ ist besonders intensiv und erscheint im Spectroskop als die selbständige Bande der Bunsenflamme oder des Leuchtgas-Sauerstoffgebläses. Sie besteht aus drei sehr hellen Linien, wovon die am wenigsten brechbare Linie ($\lambda = 5164$) die hellste des ganzen sichtbaren Spectrums ist. Das Band ist ähnlich gegen das stärker brechbare Ende abschattiert und die Linien liegen in ähnlicher Weise auf einem schwach leuchtenden Grunde, wie beim Band β (s. Taf. I, Spectrum 2 und 3). Auch diese Bande lässt sich nur auf Erythrosinplatten etc. photographieren, wie Tafel I, Fig. 1 und 2, zeigt, wo bei ersterem die Gruppe fehlt (diese Photographie ist auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten hergestellt), bei Spectrum 2 und 3 aber deutlich sichtbar ist, weil eine Erythrosinplatte benützt wurde, welche für Gelb und Grün unempfindlich ist.

Die blaue Bande δ ist in der Bunsenflamme weniger intensiv als die vorige (Bande γ), aber etwas heller als Bande β. Sie besteht aus fünf Linien. Wird Sauerstoff in den Kohlenwasserstoff geblasen, so werden die Linien heller, aber zugleich gewinnt das continuierliche schwache Spectrum, auf welchem diese Linien erscheinen, wesentlich an Helligkeit. Diese Bande und die folgenden lassen sich auch auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten gut photographieren.

Die violette Bande ε ist schwach sichtbar und erscheint das Spectrum der Bunsenflamme oft nur als verschwommener Streifen, dessen Mitte nach Lecocq die Wellenlänge $= 4368$ hat. Im Leuchtgas-Sauerstoffgebläse, oder noch besser bei sehr lebhafter Verbrennung von Benzoldampf mit Sauerstoff, wird die Bande auch für das Auge sichtbar und in ein System von Linien aufgelöst.

In der Bunsenflamme wurde dieses Band von mir zuerst in Linien aufgelöst und photographiert. Die Messung der Linien gelingt sowohl auf diesen Spectralphotographien der Bunsenflamme, als auch besonders gut bei der Photographie von Benzolflammen mit Sauerstoffgebläse; im ersteren Falle tritt ein schwächeres, im letzteren ein stärkeres continuierliches Spectrum hervor, an welchem sich bei länger belichteten oder dichter hervorgerufenen Negativen die Linien kaum mehr wahrnehmen lassen.

Auf Spectrum 1, 2 und 3 (Taf. I) ist das charakteristische Aussehen dieser Bande sichtbar; die feinen Linien giengen bei der Reproduction theilweise verloren.

Unmittelbar daran anschliessend folgt eine einzelnstehende starke Linie, welche charakteristisch ist und intensiver als irgend eine Linie der Bande ε in der Photographie erscheint. Die Linie ($\lambda = 4325$) wurde von mir, ebenso wie die zahlreichen Linien des ganzen Bandes ε in der Bunsenflamme und der Flamme anderer brennender Kohlenwasserstoffe, aufgefunden und gemessen.

Die violette Bande ζ ist äusserst charakteristisch. Es ist dies das photographisch wirksamste Band des gesammten Bandenspectrums des Kohlenstoffes und selbst bei ganz kurzer Belichtung tritt bei $\lambda = 431$ eine deutliche Lichtwirkung auf.

Die Linien sind zahlreich und regelmässig vertheilt und schattieren sich vom weniger brechbaren gegen das stärker brechbare Ende, immer schwächer werdend, ab.

Diese Bande ζ kommt, nach den mir vorliegenden Untersuchungen von Spectroskopikern, nicht im elektrischen Flammenbogen vor (Thollon, Kayser, Runge u. A.), ebensowenig im Spectrum der mit Kohlenoxyd gefüllten Geissler'schen Röhren (Inductionsfunke).

Eine linienreiche Cyanbande beginnt (nach Kayser und Runge u. A.) bei $\lambda = 4216$, also an einer Stelle, wo die Linien meines Kohlenbandes ζ bereits aufzuhören beginnen; dieses Cyanband ist deshalb mit dem in brennenden Kohlenwasserstoffen vorkommenden Bande ζ, welches bei $\lambda = 4310$ (bei kurzer Belichtung) oder bei $\lambda = 4315$ (bei langer Belichtung) am intensivsten auftritt, nicht identisch[1]), sondern es ist die letztere eine höchst charakteristische Bande des sogenannten Swan'schen Spectrums.

Merkwürdigerweise hat Swan selbst diese Bande nicht bemerkt; dies dürfte seinen Grund darin finden, dass stark brechende Glasprismen das Violett in dem Bezirke $\lambda = 431$ bis 420 und weiter schon sehr stark absorbieren und deshalb ein solches Spectrum für directe Beobachtungen mit dem Auge schon zu lichtschwach ist.

Herr Prof. H. W. Vogel erklärt nach seinen Photographien der Bunsenflamme und der Cyanflamme, dass die Grenze der von Vogel mit e (von mir mit ζ) bezeichneten Bande absolut mit den breiten Sonnenlinien (G) übereinstimmt und dass der dunkle Hintergrund der Fraunhofer'schen G-Bande des Sonnenspectrums deshalb dem Kohlenstoff zuzurechnen ist[2]); Prof. H. W. Vogel hatte die Wellenlängen fraglicher Kohlenstofflinien nicht gemessen, sondern blos aus den übereinander photographierten Spectrumbildern seine Schlüsse gezogen.

Die von mir gemachten Ausmessungen der Spectrographien der Bunsenflamme oder der mit Sauerstoff verbrennenden Kohlenwasserstoffe ergaben als intensivste Grenze des Kohlenbandes $\zeta = 4315$ bei längerer Exposition (Folge der Verbreiterung wegen starker Lichtwirkung), dagegen 4310 bis 4312 bei kurzer Belichtung; dagegen ist die Wellenlänge der Sonnenlinie $G = 4307$.

Diese Differenz ist zu gross, um daraus Coïncidenz folgern zu können.

Die ultraviolette Gruppe η der Bunsenflamme ist viel lichtschwächer als die Gruppe ζ; die Helligkeit der ersteren beträgt nur $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ der letzteren. Die Bande η fällt dadurch sofort auf, dass sie in entgegengesetzter Seite abschattiert ist, als die charakteristischen Banden im sichtbaren Spectrum, nämlich die rothe α-, die gelbe β-, die grüne γ-, die blaue δ- und die violette ζ-Gruppe.

Ferner ist es für diese Gruppe sehr charakteristisch, dass sich an die, aus vielen regelmässig vertheilten, gegen das rothe Ende des Spectrums abschattierten Linienbande eine starke, isoliert stehende Linie anschliesst; die stärkste Linie der abschattierten Linienbande liegt bei $\lambda = 3889{\cdot}8$, dann folgen einige ganz schwache Linien und hierauf bei $\lambda = 3873$ eine starke, intensive, einzelnstehende Linie, welche die ganze Gruppe η gegen Ultraviolett zu begrenzt. Der eigenthümliche Bau dieser Gruppe geht deutlich aus Taf. I, Spectrum C-Band η, hervor.

Die Bande η kommt auch in der schwächsten Flamme des Bunsenbrenners zum Vorschein, viel deutlicher jedoch in brennendem Benzol- oder Petroleumaether, welcher mit Sauerstoff zu einer intensiven

---

[1]) Nach Salet (Annal. Chemie et Phys., 1873, Bd. IV, pag. 60) gibt der elektrische Funke in Leuchtgas oder Cyan die Banden α, β, γ, δ analog dem Swan'schen Spectrum. Die Verbrennung von Kohlenwasserstoff und Cyangas, das letztere in reinem Sauerstoff, gibt dieselben Bande (α 619, β 563, γ 516, δ 464), jedoch die violette Partie ist anders; statt ein Band bei 427 (nach Kayser 422) kommt ein lebhaftes Band $\lambda = 431$ zum Vorschein, welches von einer brechbaren Partie mit feinen Cannelierungen gefolgt ist, die sich bis $\lambda = 418$ ausdehnt (vergl. auch die von Watts gegebene Figur).

[2]) Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wissensch., Bd. XXI (1888).

Verbrennung mit blauem Flammenkegel gebracht wird. Diese Bande ist charakteristisch für brennende Kohlenwasserstoffe.

Die ultraviolette Bande ϑ tritt nur bei sehr langer Belichtung auf und wird in einer zum Ausmessen erforderlichen Deutlichkeit erhalten, wenn man im Linnemann'schen Gebläse durch 4 bis 5 Stunden Leuchtgas oder Wasserstoff und Benzoldampf oder Petroleumaether mit Sauerstoff verbrennt.

Der Bau dieser Gruppe ist ganz analog von η. Eine Anzahl von regelmässig angeordneten Linien, welche gegen das rothe Ende zu schwächer werden, geben ein in dieser Richtung zu abschattiertes Band, dessen stärkste Linie bei $\lambda = 363 \cdot 45$ liegt; daran schliesst sih die einzelnstehende, gleichfalls charakteristische Linie $\lambda = 3627$ an, welche die Grenze der Gruppe gegen das stärker brechbare Ende bildet.

Im Anschlusse an diese Versuche studierte ich noch ferner das Spectrum des brennenden Kohlenoxydes.

Allerdings hatten bereits Liveing und Dewar angegeben, dass brennendes Kohlenoxyd ein continuierliches Spectrum gibt. Ich photographierte durch mehrstündige Belichtung von sehr empfindlichen Platten im Quarzspectrographen das Spectrum der Kohlenoxydflamme und erhielt gleichfalls nur ein continuierliches Spectrum, welches sich über das ganze Spectrum, insbesondere aber zwischen $\lambda = 430$ bis gegen $\lambda = 330$ bemerklich machte.

Auch 5stündige Belichtung einer gemischten Kohlenoxyd-Wasserstoff-Flamme (an der Luft verbrennend, sowie im Sauerstoffgebläse) gab kein Linienspectrum[1]).

Die oben beschriebenen Bande des Spectrums der Bunsenflamme oder Kohlenwasserstoff-Sauerstoff-Flamme gehört somit nicht dem brennenden Kohlenoxyd an.

Die Helligkeit des continuierlichen Kohlenoxyd-Flammenspectrums ist gegenüber dem Swan'schen Bandenspectrum derartig lichtschwach, dass man behaupten kann, der blaugrüne Flammenkegel der Bunsenflamme verdankt seine schwache Leuchtkraft hauptsächlich dem Bandenspectrum des Kohlenstoffes oder Kohlenwasserstoffes, nicht aber dem verbrennenden Kohlenoxyd. Der obere, fast farblose und äusserst schwach leuchtende Theil der Bunsenflamme zeigt das Swan'sche Bandenspectrum in wesentlich schwächerem (weniger hellem) Grade, als der blaue Flammenkegel; trotzdem lässt sich, mit Hilfe der Spectrumphotographie, auch in diesem Theile das Auftreten der charakteristischen Kohlenbanden nachweisen. Hauptsächlich sendet jedoch der fast farblose obere Flammentheil das Wasserdampfspectrum aus.

Die völlige Trennung der Kohlenwasserstoff-Flamme in einen blauen Flammenkegel, welcher das Swan'sche Bandenspectrum gibt und einen fast farblosen oberen Flammenkegel, welcher nur das Wasserdampfspectrum gibt, gelingt durch Einblasen von Sauerstoff in eine Leuchtgas-, Benzol-, Petroleumaether-, Wasserstoff-Benzoldampf-Flamme im Linnemann'schen Gebläse, bei welchem der Sauerstoff unter einem Drucke von 10 bis 30 *cm* Quecksilber in die Flamme gepresst wird. Dann verbrennt der Kohlenwasserstoff vollständig in der Nähe der Sauerstoffzuströmung (blaugrüner Flammenkegel) und die obere grosse, nahezu farblose, rauschende Flamme zeigt nur mehr das Wasserdampfspectrum.

Auf Spectrum III (Taf. I) ist die Zerlegung des Spectrums von den mit Sauerstoff verbrennenden Kohlenwasserstoffen nach meinen Spectrumphotographien reproduciert.

---

[1]) Nach Liveing und Dewar (Proceed. Royal Soc., London., Vol. XXX [1880], pag. 152) gibt Wasserstoff und Schwefelkohlenstoffdampf, in Luft verbrannt, keine Spur der «Hydrocarbon-Banden»; dagegen gibt Wasserstoff und Tetrachlorkohlenstoff, in Luft verbrannt, die Hydrocarbon-Bande (Swan'sches Spectrum), ebenso Kohlenoxyd + Tetrachlorkohlenstoff, sowie eine Chloroform + Wasserstoff-Flamme.

Emissionsspectrum des brennenden Kohlenwasserstoffes (Kohlen- oder Hydrocarbon-Banden).

(Bezogen auf Hartley-Adeney's ältere Standards.)

	Swan [1])	Angström und Thalén [2])	Hasselberg [1])	Watts	H. C. Vogel [1])	Lecoq [1])	Thollon [3])	Wesendonck	Kayser und Runge [3])	Eder [1])
Rothe C-Bande α	—	6187	6186	6190	—	—	—	—	—	6188
	—	6119	6121	6110	—	—	—	—	—	6120
	—	6056	6051	6050	—	—	—	—	—	6052 } [4])
	—	6001	5993	5990	—	—	—	—	—	5999
	—	5954	5951	5955	—	—	—	—	—	5955
Gelbe C-Bande β	5634	5633	5636	5635	5632	5629	5622	5635	5635	5634
	5582	5583	5585	5586	—	5581	5581	5576	5585	5583
	5538	5538	5538	5542	—	5542	5536	5537	5541	5539
	5500	5500	5501	5504	—	5500	5490	5490	—	5500 } [5])
	—	5466	5472	5478	—	—	—	—	—	5470
	—	—	—	5440	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	5425	—	—	—	—	—	—
Grüne C-Bande γ	5762	5164	5164	5166	5164	5161	5165	5155 [6])	5165	5164 [7])
	5127	5128	5128	5130	—	5127	5127	5118	5129	5128
	—	5098	5097	5100	—	5090	5097	—	—	5095 [8])
	—	—	—	5082	—	—	—	—	—	—
Blaue C-Bande δ	4734	4736	4735	4740	—	4738	4739	4735	4737	4736
	4712	4714	4713	4717	—	—	4717	4711	4715	4714
	4689 {	4697	3695	4698	—	—	4704	4692	4698	4697
		4682	4684	4684	—	—	—	—	4685	4684
	4670	—	4677	4677	—	4675	—	4670	—	4677

[1]) Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe (Bunsenbrenner oder Kohlenwasserstoff-Sauerstoffgebläse).
[2]) Inductionsfunke in verdünnten Kohlenwasserstoffen (Geissler'sche Röhren).
[3]) Bandenspectrum des Kohlenstoffes im elektrischen Flammenbogen.
[4]) Wurde direct mit einem Krüss'schen Spectroskop im Leuchtgas-Sauerstoffgebläse beobachtet.
[5]) Von hier ab auf dem photographischen Negativ ausgemessen.
[6]) Wesendonck hatte offenbar den starken Lichthof dieser Linie, welche gegen das brechbarere Ende verläuft, mit in die Messung (Mitte der Linie) einbezogen; daher die niedrige Wellenlänge.
[7]) Die hellste Linie der Gruppe.
[8]) Ist sehr lichtschwach; eine vierte brechbarere Linie, welche blos bei Watts sich findet, konnte von mir in brennenden Kohlenwasserstoffen nicht beobachtet werden.

	Angström und Thalén	Hasselberg	Lecoq	Liveing und Dewar	Kayser und Runge	Eder	Bemerkungen
Violette C-Bande ε	—	4367 [1])	4368 [2])	4381 4372 4365	4382 [3]) 4372 4365	4380·4 4371·6 4364·4 4359·6	diese ziemlich starken Linien beobachtete ich stets im Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe. Sie bilden eine eigene Gruppe [4]) in der gesammten violetten Bande ε, an welche sich unmittelbar die folgende Gruppe anschliesst

[1]) Hasselberg beobachtete in brennenden Kohlenwasserstoffen ein verschwommenes Lichtfeld, dessen grösste Intensität bei λ 4367 lag.
[2]) Lecoq hat offenbar die Mitte der beiden nebenstehend verzeichneten und von mir in der Bunsenflamme photographierten Spectrallinien gemessen.
[3]) Diese Bande wurde von Kayser und Runge im elektrischen Flammenbogen gemessen.
[4]) Diese im Cyanspectrum (Cyan + Sauerstoff) sowie im elektrischen Flammenbogen zwischen Kohlenelektroden stark auftretende Bande ist im Swan'schen Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe nicht besonders auffallend vertreten. Im elektrischen Flammenbogen sind die starken Linien λ 438, 437 und 436 die Kanten complicierter Linienbanden. Im Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe wurde diese Gruppe zum ersten Male von mir ausgemessen. Der Charakter der in dem Cyanspectrum vorkommenden Gruppe ist etwas anders als im Swan'schen Spectrum, weil in letzterem Falle das continuierliche Spectrum und die Linien der nächsten Gruppe (von λ 436 bis 432) stark hervortreten. — Bei Gegenwart von Ammoniakgas in der Leuchtgas-Sauerstoff-Flamme treten die Linien λ 438, 437 und 436 deutlicher hervor, ebenso die gelbgrünen Cyanbanden.

	Angström und Thalén	Hasselberg	Lecoq	Watts	Kayser und Runge	Eder	Bemerkungen
Violette *C*-Bande ε						4359·6	diese Gruppe besteht aus einem continuierlichen schwachleuchtenden Spectrum, auf welchem die Linien sich heller abheben. Im photographischen Negativ verschwinden bei längerer Belichtung die nunmehr schwarz erscheinenden Linien auf einem dunklen Untergrunde von reduciertem Silber[1])
						4356·4	
						4352·6	
						4348·4	
						4344·2	
						4340·0	
						4335·7	
						4329·1	
						—	
						4324·8	einzelnstehende starke Linie
Violette *C*-Bande ζ	4311	4319[2])	4309	4313		4315·0	sehr starke Linie. Charakteristisch[4]). Die folgenden Linien sind anfangs scharf und kräftig und werden gegen das brechbare Ende allmählich schwächer. Die Vertheilung ist eine regelmässige. Bei kurzer Belichtung oder schwach brennendem Bunsenbrenner kommen nur die Linien bis λ = 425 zum Vorschein; bei langer Belichtung oder bei intensiver Verbrennung im Kohlenwasserstoff-Sauerstoffgebläse erstrecken sich die Linien bis λ = 481 und noch weiter hinaus
						4306·6	
						4299·2	
				4290		4293·9	
				4285		4287·6	
				4279		4282·0	
				4274		4276·4	
				4268		4269·6	
				4261		4263·4	
				4256		4256·9	
				4249		4250·7	
				4243		4244·3	
		4239		4239		4238·2	
				4232	Cyanbande Beginn: 4216[3])	4232·3	
						4226·2	
						4220·2	von da ab lassen sich bei enger Spalte des Spectrographen diese Linien als mehr oder weniger deutliche Doppellinien erkennen, deren Mitte in der nebenstehenden Tabelle gemessen wurde.
						4213·9	
						4207·6	
						4201·8	
						4195·2	
						4190·0	
						4184·8	

[1]) Bei zu langer Belichtung verschwinden sie ganz im dunklen Untergrunde; bei zu kurzer Belichtung werden sie nebelig und unmessbar.

[2]) Hasselberg bestimmte die Lage der scharfen Kante gegen Roth zu; die Bande erstreckte sich bei Hasselberg's Beobachtungen bis λ 4239, wobei er ungefähr zehn Linien wahrnahm.

[3]) Hier beginnt eine linienreiche Cyanbande, welche Kayser und Runge genau ausgemessen haben. Aus der Wellenlänge dieser charakteristischen Cyanbande (Beginn λ 4216) geht hervor, dass diese Cyanbande (welche auch im elektrischen Flammenbogen zwischen Kohlenelektroden auftritt) nicht mit dem oben angeführten, von mir mit ζ bezeichneten Kohlenbande identisch ist.

[4]) Diese Linie bildet die Grenze dieses äusserst charakteristischen Kohlenbandes gegen die rothe Seite des Spectrums; dann folgt gegen das weniger brechbare Ende die einzelnstehende Linie λ 4325 des Bandes ε, gegen das stärker brechbare Ende des Spectrums folgen in dichter Reihenfolge auf die Hauptlinie λ 4315 des Bandes ζ die anderen Linien dieses Bandes. Die Linie 4315 zeigt gegen das rothe Ende des Spectrums zugewendet eine scharfe Kante, gegen das Ultraviolett zu schattiert sie sich allmählich ab und es heben sich auf einem schwachen continuierlichen Spectrum die oben verzeichneten Linien (von λ 4306 bis 4185) ab. Bei langer Belichtung oder hellen Lichtquellen erscheint das an die Grenzlinie sich anschliessende continuierliche Spectrum im photographischen Negativ so intensiv, dass die ersten 3 bis 4 folgenden Linien nicht mehr erkennbar sind. Bei reichlicher Belichtung rückt die Grenze der charakteristischen Linie über λ 4315 gegen λ 4316 vor; bei kurzbelichteten Platten liegt die Mitte der Linie dagegen bei λ 4310 oder 4312.

	Kayser und Runge	Eder	Bemerkungen[1])
Ultraviolette *C*-Bande η			anfangs: ein schwaches continuierliches Spectrum
		4047·3	sehr schwach [2])
		4032·8	schwach [2])
		4019·0	stärker [2])

[1]) Die ganze Bande ist ebenso wie die *C*-Bande ε und ϑ in entgegengesetzter Richtung abschattiert, als die Banden α, β, γ, δ und ζ; es ist nämlich bei der ersteren die stärkste Kante der Bande gegen Ultraviolett gekehrt und werden die Linien gegen das rothe Ende schwächer; bei den letzteren ist dies umgekehrt.

[2]) Diese Linien erscheinen in der gewöhnlichen Bunsenflamme nur schwer, dagegen leichter, wenn man Sauerstoff in brennende Kohlenwasserstoffe bläst; die folgenden Linien treten auch in der Bunsenflamme hervor.

	Kayser und Runge	Eder	Bemerkungen[1]
		4005·7	
		3993·9	
		3982·4	
		3971·8	
		3961·9	
		3952·5	starke Linien in regelmässigen Entfernungen
		3943·8	
		3935·7	
		3927·9	
		3921·3	
		3915·5	
Ultraviolette		3911·3	
C-Bande η		3906·0	die Linien werden allmählich wieder schwächer und enger nebeneinanderstehend
		3902·4	
		3898·7	
		3896·0	
	Cyan-bande[2]	3893·0	die folgenden Linien heben sich schwer von dem dunklen Silberniederschlag des Negatives ab. Ende dieses Segmentes gegen Ultraviolett
		3889·8	
	3883·5	3884·4	
		3875·6	schwache Linien; undeutlich[3]
		3877·2	
		3875·7	
		—	
	3871·5	3872·6	starke einzelnstehende Linie; charakteristisch
	3855		
		3687·0	
		3677·5	schwach
		3668·6	
		3663·6	
		3660·7	
		3657·4	
Ultraviolette		3654·0	
Bande ϑ[4]		3650·9	stärker
		3646·1	
		3642·0	
		3638·0	
		3634·5	Ende der Gruppe
		—	
		3627·4	einzelnstehende charakteristische Schlusslinie

[1]) S. Anmerkung pag. 20.

[2]) Diese von Kayser und Runge gemessene Cyanbande scheint nicht identisch zu sein mit meinem Band η (im brennenden Kohlenwasserstoff), weil bei letzterem die charakteristischen cannelierten Banden λ 3883, 3871, 3855 (insbesondere aber die stärkste Cyanbande λ 3883) hier nicht vertreten sind, sondern nur die isolierte Linie $\lambda = 3872 \cdot 6$ mit der Anfangskante des zweiten Cyansegmentes ($\lambda = 3871 \cdot 5$) nahe zusammentrifft.

[3]) Bei der gewöhnlichen Bunsenflamme ist hier nur ein nebeliger Streifen bemerkbar; steigert man die Intensität des Lichtes durch Einblasen von Sauerstoff, so löst er sich in drei schwache Linien auf.

[4]) Diese Bande tritt nur bei sehr langer Belichtung und Anfachen der Kohlenwasserstoff-Flammen mit Sauerstoff auf. Die Linien sind regelmässig vertheilt; das Band wird gegen das weniger brechbare Ende schwächer und die Linien stehen in dieser Richtung allmählich weiter auseinander. Bei λ 3642 bis 3634 tritt ein schwaches continuierliches Spectrum auf. Der Bau ist analog wie bei der Bande η.

II. Das Spectrum des Wasserdampfes im Emissionsspectrum brennender Kohlenwasserstoffe oder des Oxyhydrogengebläses.

Stokes fand bereits 1852, dass die Flamme von brennendem Wasserstoff Fluorescenzerscheinungen hervorruft und deshalb reich an ultravioletten Strahlen sein muss[1]).

---

[1]) S. Huggins: «Compt. rend.», 1880, pag. 1455.

Liveing und Dewar theilten im Jahre 1880 mit (Proceed. Royal Soc., London 1880, Bd. XXX, pag. 498), dass im Spectrum der Leuchtgas- und Sauerstoff-Flamme, sowie der Oxyhydrogenflamme, sich viele Linien zwischen den Sonnenlinien *R* und *S* zeigen.

In einer zweiten Abhandlung[1]) gaben dieselben ein Diagramm des Hauptbandes dieses Spectrums und theilten mit, dass dasselbe Spectrum entsteht, wenn die elektrischen Funken (ohne Condensor) zwischen feuchtem Wasserstoff, Sauerstoff oder Stickstoff überschlagen.

Gleichzeitig mit Liveing und Dewar und unabhängig von diesen untersuchte Huggins[2]) den an der Luft oder mit Sauerstoff verbrannten Wasserstoff auf photographischem Wege.

Er fand eine grosse Anzahl von ultravioletten Linien und bestimmte deren Wellenlänge, welche Zahlen in unserer Tabelle angegeben sind.

Später beschäftigten sich nochmals Liveing und Dewar mit dem Spectrum der Oxyhydrogenflamme (Proceed. Royal Soc., 1882, Bd. XXXIII, pag. 274; Philosoph. Transact., 1888 [2], CLXXIX, pag. 27) und sorgfältige Messungen der Wellenlängen sammt gezeichneten, sowie photographischen Tafeln dieser Spectralaufnahmen in Partial-Aufnahmen.

Liveing und Dewar benützten einen Spectrographen mit einem einfachen Calcitprisma und bezogen die Scala für die Wellenlängen des Wasserdampfspectrums auf das Eisenspectrum; die Scala war die Angström'sche. Die Messungen von Liveing und Dewar sind sehr vollständig und erstrecken sich von $\lambda = 426$ bis $\lambda = 227$[3]).

Ferner beschäftigte sich Deslandres mit dem ultravioletten Spectrum des Wasserdampfes[4]); er brachte Wasser in eine Geissler'sche Röhre und füllte durch Evacuieren der Röhre dieselbe mit Wasserdampf, durch welchen er den elektrischen Funken schlagen liess. Es tritt gleichfalls das Spectrum der Oxyhydrogenflamme auf, jedoch wird dasselbe bald mit Linien von Wasserstoff und Sauerstoff durchsetzt. Deslandres gab nur die Wellenlängen einiger Hauptlinien der Wasserdampfbanden an, welche in meiner Tabelle einbezogen sind.

Über die Betrachtungen Deslandres, betreffend die Analogie der allgemeinen Structur der Wasserdampfbanden mit dem Absorptionsspectrum des Sauerstoffes (tellurische Banden *A*, *B*, α), sowie die Analogie der Wasserdampfbanden mit den ultravioletten Sauerstoffbanden und die daran geknüpfte Betrachtung, sei auf die Originalabhandlung verwiesen, da ich in meiner derzeit vorliegenden Abhandlung auf diese Beziehungen nicht näher eingehe.

Der Grund, warum ich trotz der vorliegenden Untersuchungen der genannten Spectroskopiker nochmals das Emissionsspectrum der Oxyhydrogenflamme studierte und eine neue Bestimmung der Wellenlänge vornahm, war ein mehrfacher.

Zunächst war es für meine Untersuchung des Spectrums brennender Kohlenwasserstoffe von Interesse, zu constatieren, ob die im ultravioletten Theile des Lichtes der Kohlenwasserstoff-Flamme auftretenden Banden ($H_2O\ \alpha, \beta, \gamma$ meiner Tafel I) völlig identisch mit denjenigen des reinen brennenden Wasserstoffes (Oxyhydrogengebläse) sind, oder ob vielleicht einzelne Gruppen von Kohlenstofflinien in die Wasserbanden hineinlagern, was nur durch neuerliches genaues Ausmessen der fraglichen Spectren zu entscheiden war. Ferner fiel mir bei den Abhandlungen Herrn Prof. Grünwald's über «Mathe-

---

[1]) «On the Spectrum of Water», Proceed. Royal Soc., London, Vol. XXX, pag. 580.

[2]) Compt. rend., 1880, Vol. XC, pag. 1455; ferner Proceed. Royal Soc., London, Vol. XXX, pag. 576 (1880); in letzterer Abhandlung sind die Angaben Huggin's vollständiger als in ersterer.

[3]) In Watts: «Index of Spectra» (1889) ist die Tabelle der Liveing-Dewar'schen Zahlen unvollständig angegeben, da mehrere Bande von längeren Wellenlängen weggelassen sind; es sei deshalb speciell auf die Originalabhandlung (a. a. O.) verwiesen.

[4]) Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris. I. Spectres de Bandes Ultraviolet des Metalloides avec un faible dispersion (Paris 1888, bei Gauthiers-Villars). Auszug: «Compt. rend.», Vol. C, pag. 854; «Annal. Chemie et Phys.» (6), XIV, 257 (1888).

matische Spectralanalyse des Magnesiums in der Kohle»[1]) und über «spectralanalytischen Nachweis von Säuren eines neuen Elementes»[2]) auf, dass derselbe bei seinen Berechnungen über die rhytmischen Beziehungen der primären Elemente in ihren verschiedenen Condensationsformen zum Wasserspectrum die Huggins'schen Wellenlängen des Wasserspectrums neben den Liveing-Dewar'schen Zahlen in die Rechnung setzte. — Es stimmen aber die für die charakteristischen Linien des Wasserdampfspectrums von Huggins, Deslandres, Liveing und Dewar angegebenen Wellenlängen nicht hinlänglich genau überein.

Wenn sich nun aus weiteren Untersuchungen nachweisen liess, dass die Huggins'schen Zahlen nur ungenauere Werte derselben Hauptlinien des Wasserspectrums sind, als die genaueren Liveing-Dewar'schen, so wären die ersteren aus den Grünwald'schen Tafeln zur mathematischen Spectralanalyse zu streichen und es würden selbstverständlich an den entsprechenden Stellen Lücken in den citierten Tafeln eintreten.

Ferner lag mir daran, ein zusammenhängendes Bild der Structur des Emissionsspectrums des Wasserdampfes zu haben, da ein solches bisher noch nicht vorlag[3]). In der That war es mir mit meinem Quarzspectrographen möglich, ein derartiges zusammenhängendes Bild des erwähnten Spectrums zu erhalten, welches auch in Tafel I, Fig. IV und V, in Heliogravure reproduciert ist; allerdings litt die Schärfe (insbesondere bei Fig. V) merklich bei der Reproduction; wenn im Allgemeinen trotz der sich darbietenden Schwierigkeiten die heliographischen Drucke sehr befriedigend ausfielen, so verdanke ich dies der freundlichen Mitwirkung des Herrn Vorstandes von Maschek im k. k. militär-geographischen Institute in Wien, welcher die Heliogravuren ausführte.

Um das Resultat meiner Spectrographien der ultravioletten Wasserdampfbanden der Oxyhydrogenflamme, sowie der Kohlenwasserstoff-Flamme zu resummieren, ist Folgendes zu bemerken:

Das Emissionsspectrum der blauen Bunsenflamme enthält stets neben dem Swan'schen Kohlenspectrum die Hauptbande des Wasserdampfes sehr deutlich; das Auftreten des schön definierten, aus vielen Linien bestehenden Bandenspectrums ist sehr bemerkenswert, da dasselbe in Flammen von relativ so niedriger Temperatur (wie Leuchtgas mit Luft im Bunsenbrenner) bisher noch nicht constatiert wurde.

Allerdings treten selbst bei 24stündiger Belichtung blos die Hauptbanden $H_2O\,\alpha$ und $H_2O\,\beta$ hervor, während die stärker brechbaren Wasserbanden (γ und δ) nur beim Zuleiten von Sauerstoff kräftig zum Vorscheine kommen; auch werden die Liniengruppen beim Verbrennen der Kohlenwasserstoffe mit hineingepresstem Sauerstoff (bei einem Drucke von 20 *cm* Quecksilber) viel schärfer, als sie bei der gewöhnlichen Bunsenflamme auftreten.

Das Spectrum der Oxyhydrogenflamme ist mit dem in brennenden Kohlenwasserstoffen beobachteten identisch und ich konnte keine in die Wasserbanden gelagerten Kohlenstofflinien beobachten.

Was die von Huggins angegebenen Wellenlängen von den Wasserdampfbanden anbelangt, so geht aus der Vergleichung mit meinen Messungen hervor, dass sie nicht selbständig neben den Liveing-Dewar'schen Zahlen zu gelten haben, sondern dass das Spectrum mit einem Spectrographen von geringerer Leistungsfähigkeit als meinem oder dem Liveing-Dewar'schen aufgenommen ist; es lassen sich die von Huggins gemessenen Linien zweifellos in den Liveing-Dewar'schen, sowie in meinen Tabellen wieder erkennen.

Die betreffenden, von Prof. Grünwald auf Grund der Huggins'schen Zahlen aufgenommenen Sonderwerte von Wasserdampflinien, von welchen eben die Rede war, sind deshalb zu streichen.

Die von mir ermittelten Wellenlängen des Wasserdampfspectrums sind, wie erwähnt, auf Hartley-Adeney's Wellenlängen des Cadmium, Zink und Blei bezogen.

---

[1]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., mathem.-naturw. Classe, XCVI. Bd. (December 1887), pag. 1154.

[2]) Sitzungsber. d. kais. d. Akad. Wissensch., mathem.-naturw. Classe, XCVIII. Bd. (1889), pag. 785.

[3]) Liveing und Dewar nahmen das Spectrum der Oxyhydrogenflamme in mehreren Segmenten auf.

Dementsprechend machen sich auch bei meinen Messungen, gegenüber den Liveing-Dewar'schen Zahlen, Differenzen geltend, welche auf die verschiedene Wahl der Vergleichsspectra und der zu Grunde gelegten Wellenlängen der Metallinien zurückzuführen sind. Da die von Hartley und Adeney ermittelten Wellenlängen eine grosse Anzahl von genau untersuchten Metallspectren umfassen, welche unter sich völlig vergleichbar sind, so ist eine eventuelle Reduction meiner Zahlen auf andere Bezugsspectren leicht auszuführen.

Emissionsspectrum des Wasserdampfes in Oxyhydrogenflammen, sowie in brennenden Kohlenwasserstoffen. (Bezogen auf Hartley-Adeney's ältere Standards.)

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		3324·1	3552·5	schwach
			3523·9	sehr schwach
			3520·0	schwach
		Liveing und Dewar geben hier ein aus vielen Linien bestehendes Band, dessen stärkste bei λ = 3471·9 liegt	3514·0	
			3507·1	
			3502·8	ziemlich stark
			3497·6	
			3492·7	
			3490·0	schwach
			3488·6	
			3487·1	
			3484·0	
			3479·1	
			3476·8	
			3473·7	sehr schwach
3473		3471·9	3471·4	ziemlich stark. Stärkste charakteristische Linie des Bandes. Es folgen mehrere sehr schwache Linien auf dunklem Grunde (also auf schwachem continuierlichem Spectrum) bis λ = 3458·0
		3469·6	3469·0	
		3467·7	3467·3	
		3465·9	3465·3	
		Es folgen acht Linien bis		
		3458·2	3458·0	
		3447·6	3447·7	an voriges Band schliesst sich das nebenstehend ausgemessene, dessen Linien in regelmässigen Abständen sich anordnen, an
		3444·7	3444·9	
		3442·3	3442·4	
		3439·7	3439·8	
		3437·4	3437·6	
		3435·4	3435·5	stark
		3433·5	3433·9	
		3431·8	3432·0	starke charakteristische Linie
		3428·5	—	schwach
3429·5	3427·6	3427·7	3428·0	starke charakteristische Linie und Schluss dieses Bandes

Wasserbande α.

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		Zahlreiche dicht stehende Linien, gemessen von Liveing und Dewar	mehrere dicht stehende Linien	
		3332·5	3332·5	schwach
		3329·1	3328·6	
		3325·4	3325·4	

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		3323·0*	—	
		3321·8	3322·1	schwach
		3319·6*	—	
		3318·0	3317·8	schwach
		3314·8	3314·5	
		3311·4	3311·2	
		3310·5	3310·3	sehr breit; wahrscheinlich doppelt
		3308·9*	—	
		3307·5	3306·9	schwach
		3304·9	3304·8	breit
		—	3300·9	schwach
		3298·7	3298·5	
		3295·5	3295·3	stark
		3293·0*	—	
		3291·8*	—	
		3290·7	3290·7	schwach
		3289·9	3289·7	
		3286·9	3286·5	
		3285·7	3285·3	
		3284·3	3284·2	
		3282·9	3282·6	
		3281·2*	—	
		3279·2*	—	
		3278·3	3278·5	ziemlich stark
3276		3276·3	3276·6	
		3275·5	3275·2	
		3273·7	3273·9	
		3271·4*	—	
		3270·0	3270·3	nebelige Linie
		3268·5	3268·4	stark
3266		3266·4	3265·9	
3262		3263·6	3263·0	sehr stark
		3262·5*	—	
		3260·7*	—	
		3258·4	3257·9	sehr schwach
3256		3256·4	3256·3	ziemlich stark
		3254·8	3254·2	
		3253·2	3253·2	
		3252·0	3251·7	
		3250·5	3250·2	schwach
		3249·8	—	
		3248·4	3246·6	sehr stark
		3243·7	3243·5	
3242·5		3242·3	3242·3	sehr schwach
		3240·6	3240·5	

* Schwache Linie.

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		3237·9	3238·0	stark
		—	3236·6	schwach
		3234·6	3234·7	stark
3232		3233·2	3233·2	stark
		3230·9†	3230·5	schwach, nebelig
		3230·3†		
3228		3229·3	3229·1	breit
		3225·9	3226·1	ziemlich stark
		3224·6	3224·8	
3223		3222·8	3223·1	
		3221·0	3221·3	
		3220·0	3220·2	
3217·5		3217·5	3217·9	stark
		3215·9	3216·4	schwach
		3214·4†	—	
		3213·1	3213·2	sehr stark
3211		3212·0†	—	
3207·5		3209·7	3209·9	sehr stark
		3208·1†	—	
		3205·7†	—	
		3203·5	3203·8	stark
		3201·9	3202·2	
3201		3200·4	3200·7	
3198		3198·7	3198·9	
3192·5		3194·5	3194·8	sehr stark
3189		3191·9	3191·7	
		3191·3*	—	
		3187·6	3187·8	sehr schwach
3184		3185·6	3185·5	stark
		3182·6	3183·3	
		3181·0	3181·5	
3180		3179·6	3180·8	
		—	3179·4	
		3177·2	3177·0	
3175		3174·6*	—	
		3174·0	3174·0	stark
		3172·8	3172·4	schwach
3171		3169·1	3168·8	stark
3167		3166·0	3165·4	ziemlich stark
		3163·9	3163·6	
3163		3162·8*	—	
		3161·5	3161·0	ziemlich stark
		3160·3	3160·4	
3159·5		3158·0	3157·5	stark
		3157·3*	—	
		3156·4	3156·0	stark
3156		3154·0	3153·6	sehr stark
3152		3152·7*	—	
		3151·7	3151·0	sehr schwach
		3150·6		
		3149·5	3149·4	schwach
3149		3148·0	3148·4	stark
		3146·9	3146·3	sehr stark
		3145·1*	—	
3145		3143·5	3143·3	sehr stark. Ende eines Segmentes
3142·5		3142·5*	—	
		3141·5*	—	
		3140·3	3139·7	schwach

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
3139		3139·4*	—	
		3138·7	3138·3	schwach
		3137·4	3137·3	sehr schwach
3135		3136·3	3135·8	sehr stark
3133		3133·7	3133·4	stark
		3132·6	3132·5	schwach
		3130·8	—	
3130		3129·9	3129·7	sehr stark
3127		3127·8	3127·5	
		3127·3	3126·2	schwach
		3126·0		
		3124·5	3124·4	stark
3122·5		3123·5	3123·4	
		3122·2	3121·8	schwach
		3121·3†	—	
		3119·2	3119·0	sehr stark
3117		3117·4	3117·2	
		3116·6	3116·4	
		3114·3	3114·3	schwach
		3112·8	3112·7	
3111		3111·5	3111·5	stark
		3109·7	3109·4	schwach
		3108·8	3108·6	
		3107·0	3106·9	
		3106·0	3105·9	
3105		3105·3	3105·3	stark
		3102·7	3102·6	
		3101·6	3101·0	schwach
		3100·6		
3099		3099·0	3099·0	ziemlich stark
		3098·3	3098·1	
		3096·3	3096·0	
3095		3095·8	3095·0	
		3094·8	3094·3	
3094		3094·2	3093·7	
		3092·0	3092·3	ziemlich stark
		3090·6	3090·7	schwach
3090	3089·7	3089·8	3089·4	sehr stark; charakteristisch; am stärksten nebst der Endlinie
		3089·3		
		3086·7	3086·7	schwach
3085		3085·8†	—	
		3084·6	3084·7	schwach
3082		3082·6	3082·7	sehr stark
		3081·0	3081·1	
3080		3079·3	3079·7	
3077·5		3077·9	3078·2	
		3076·6	3076·7	schwach
3074		3074·4	3074·6	sehr schwach. Hier beginnt ein continuierliches Spectrum, das sich über die ganze Linie des Bandes erstreckt
		3073·8	3074·0	schwach
3073		3072·6†	3072·4	
		3071·5	3071·7	stark breit
3068		3070·0	3069·9	stark
		3068·2	3068·0	sehr schwach
		3067·2	3067·4	sehr stark; charakteristisch

* Schwache Linie. † Sehr schwache Linie.

Huggins	Des-landres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		3065·5	3066·3	schwach
		3064·6	3064·8	
		3063·9	3064·5	
3062	3163·1	3063·3	3063·8	sehr stark; charakteristische Grenzlinie des Bandes gegen das ultraviolette Ende. Es folgt ein schwaches continuierliches Spectrum.

Wasserdampfbande β.

(Kommt nur bei 4- bis 5mal längerer Belichtung als beim Wasserband α zum Vorschein.)

Huggins	Des-landres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
3057·5		3057·4	3057·6	ziemlich starke Linien in regelmässigen Entfernungen, welche gegen die brechbarere Seite des Spectrums schwächer und enger werden. In der weiteren Folge mischen sich starke und schwache Linien wieder in verschiedener Vertheilung
3051		3052·7	3052·6	
3046		3048·3	3048·0	
3042		3043·9	3043·8	
3039		3039·9	3040·0	
		3036·4	3036·1	
3031		3033·1	3032·9	
3029		3030·3	3030·0	
		3027·6	3027·1	
		3025·2	3024·9	
		3023·4	3023·2	sehr schwach
		3022·5	3022·4	
		3022·0	3021·6	
		3021·4	3021·0	
3019·5		3020·9	3020·8	
		—	3018·7	
3017		3016·6	3015·8	sehr stark
3013		3012·9	3012·8	breit, ziemlich stark
3010		3008·8	3008·1	
		3008·2†	—	
3005		3005·6	3005·6	ziemlich stark
		3005·0	3004·9	
3002		3001·9	3001·3	ziemlich stark
		2998·7	2998·3	schwach
2999		2997·8	2997·2	stark
		2996·6	2996·3	
2994		2994·8	2994·5	schwach
		2992·9†	—	
2991		2991·7	2991·7	ziemlich stark
2989		2990·5	2990·3	
		2988·5	2988·9	
		2987·2	2987·2	
		2985·7	2985·2	
		2983·8	2983·8	
		2982·9	2982·4	schwach
		2982·2		
2981		2980·2	2980·0	ziemlich stark
		2979·4	2978·9	
		2977·8	2977·5	stark
2975·5		2975·1	2974·6	sehr stark
		2973·9†	2972·8	sehr schwach
		2972·2		
		2971·1	—	
2970·5		2970·7	2970·6	schwach
		2970·0	2969·8	

Huggins	Des-landres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		2968·5	2068·1	ziemlich stark nebelig
		2968·0		
2967·5		2967·1	2966·6	
		2966·5		
2966		2965·5	2965·0	schwach
		—	2963·7	
		2962·9	2962·4	
		2962·1	2961·6	
2959		2960·0	2959·5	
		2958·9	2958·4	
		2957·1	2956·3	stark, nebelig
		2956·3		
2955		2955·5	2955·2	schwach
		2954·5	2954·0	
		2953·2	2952·5	ziemlich stark
		2952·5		
2951		2951·7	2951·3	
		2951·2		
		2950·7	2949·9	
		2950·1		
		2948·5	2947·9	schwach
2947		2947·5	2947·1	sehr stark
		2946·5*	—	
		2945·2	2944·6	stark
2943		2944·2	2943·7	schwach
		2940·6	2940·0	stark
2940		2940·3		stark
		2938·5	2938·3	
		2937·8	2937·3	
		2937·2		
		2936·5	2936·4	
2935·5		2935·2	2934·7	ziemlich stark
2932·5		2933·5	2933·2	stark
		2931·0	2930·8	ziemlich stark
2929		2929·9	2930·1	
		2927·6	2926·9	stark
		2927·1		
2925·5		2926·3	2926·0	
		2924·8	2924·4	
		2924·4	2923·7	
		2923·8*	—	
2922·5		2921·5	2921·6	stark
		2919·8	2919·8	schwach
2917·5		2918·5	2918·4	sehr stark
		2918·2*	—	
		2916·3	2916·4	stark
		2915·7	2915·5	
2913		2913·5	2913·3	
		2912·9	2912·6	
		2911·4	2911·2	
2910		2909·4	2909·4	schwach
		2908·3	2908·4	stark
2907		2907·3	2907·0	
		2906·6	2906·5	schwach
		2906·0		
2904		2903·7	2903·8	sehr stark
		2902·5	2902·7	schwach
		2900·9	2900·8	stark

* Schwache Linie. † Sehr schwache Linie.

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		2900·2	2900·1	stark
		2899·5	2999·3	
		2898·8*	—	schwach
		2898·1	2897·9	
2897		2897·6	2897·3	
		2897·1?	—	
2895		2896·1	2895·6	schwach
		2894·2*	—	
		2893·5	2893·4	sehr schwach
2892		2892·9	2892·6	sehr stark; charakteristisch
		2890·8 2890·2	2890·4	stark
		2889·8 2889·2	2889·6	
		2888·5	2888·4	sehr schwach
2887·5		2887·5	2887·3	ziemlich stark
		2886·3 2886·1	2886·2	schwach
		2885·3	2885·1	sehr stark
		2884·2*	—	
2883		2882·5	2882·8	ziemlich stark
		2881·8	2881·9	schwach
		2881·1	2880·8	sehr schwach
2880		2880·3	2880·1	
		2878·3	2878·2	sehr stark
		—	2876·7	sehr schwach
2876		2875·8	2875·5	stark
		2875·0	2874·5	sehr stark
2872·5		2871·9 2871·5	2871·6	
2869·5		2869·5	2870·0	stark
		2868·3	2868·8	
		2866·0 2865·5†	2866·0	
		2863·3	2864·1	stark breit
		2861·7	2862·5	
		2860·3	2860·9	stark
		2859·4	2859·5	
		2857·6	2858·4	
		2855·4	2856·0	
		2854·9	2854·6	sehr stark
		2853·9	2853·4	stark
		2852·2	2852·0	
		2850·7 2850·3	2850·1	
		2849·5	2849·4	
		2848·8	2848·5	
		2847·4	2847·2	
		2846·3	2845·8	
		2845·4?	—	
		2844·4	2843·7	sehr stark
		2843·1?	—	
		2842·7	2842·6	stark
		2842·2	2842·0	
		2841·0†	—	
		2840·1	2840·0	schwach
		2838·8	2838·4	sehr stark

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		2836·7	2836·1	schwach
		2835·8	2835·4	
		2835·0	2834·7	
		2834·0	2833·8	ziemlich stark
		2833·3	2833·0	stark
		2831·7 2831·1	2830·9	sehr stark, breit
		2829·8	2829·3	schwach
		2829·2†	—	
		2828·7	2828·3	sehr stark
		2828·3†	—	
		2826·3	2826·0	stark
		2825·2	2825·1	
		2824·8	2824·7	
		2824·0	2823·3	
		2822·3	—	
		2821·8	2821·4	
		2821·2†	—	
		2820·7†	—	
		2820·1	2819·7	stark
		2819·3	2819·0	sehr schwach
		2818·7	2818·4	stark
		2818·2†	—	
		2817·1	2816·8	schwach
		2816·1	2815·7	
		2815·6	2815·5	stark
		2814·9	2814·7	
		2813·5	2813·0	schwach
		2812·4 2812·1	2812·2	sehr schwach
		2811·7	2811·2	
		2811·3†	—	
	2811·7	2811·2	2810·8	sehr stark, charakterist.; Schluss des Bandes. Es erstreckt sich noch ein schwaches continuierliches Spectrum bis beiläufig $\lambda = 2808$; von da ab beginnt das folgende Band γ in schwachen Anfängen. Die Linien liegen auf einem schwachen continuierlichen Spectrum, welches gegen λ 2811 zu stärker wird

Wasserband γ.

(Von diesem Bande des Emissionsspectrums des Wasserdampfes bestimmte ich blos jene stärkeren Linien, welche bei jener Belichtungs-Dauer zum Vorschein kommen, die das Wasserband β in allen schwachen Linien zu photographieren gestattet. Die bei Liveing und Dewar angegebenen schwächsten Linien sind in der vorstehenden Tabelle weggelassen.)

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		2806·8	2806·3	schwach
		2802·9	2802·3	
		2799·8	2799·2	
		2796·9	2796·1	
		2793·8	2793·2	sehr schwach
		2791·7	2791·1	
		2790·5	2790·0	
		2786·5	2785·7	schwach

* Schwache Linie. † Sehr schwache Linie.

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		2784·8	2784·0	
		2783·2	2782·4	sehr schwach
		2780·7	2780·4	
		2778·6	2778·2	
		2776·1	2775·3	
		2767·3	2767·3	
		2766·3	2765·4	
		2764·1	2763·2	
		2761·4	2761·5	schwach
		2759·8	2760·2	
		2757·0	2757·5	
		2754·7	2753·9	
		2753·1	2752·8	
		2751·0	2749·9	
		2748·3	2747·0	
		2745·9	2744·8	etwas stärker
		2742·7	2742·1	
		2740·2	2739·0	
		2737·8	2737·0	
		2735·5	2734·4	
		2732·1	2731·7	
		2730·6	2729·6	
		2728·2	2727·4	
		2726·1	2725·4	
		2724·8	2724·5	
		2723·5	2722·7	ziemlich stark
		2721·6	2720·7	
		2719·8	2719·0	
		2718·2	2717·4	
		2717·2	2716·3	
		2715·8	2714·6	
		2714·5	2713·4	
		2713·6	2712·4	
		2711·6	2710·5	
		2709·6	2708·6	
		2706·2	2705·5	
		2705·2	2704·4	schwach
		2704·3	2703·2	
		2701·6	2700·8	stark
		2698·8	2698·1	ziemlich stark, breit
		2695·4	2694·9	stark
		2693·8	2692·9	
		2691·7	2691·2	schwach
		2690·6	2690·1	
		2688·9	2688·4	ziemlich stark
		2687·7	2687·2	
		2686·5	2686·0	schwach
		2685·5	2685·1	
		2683·7	2683·0	stark breit
		2683·0		
		2680·9	2680·4	
		2679·0	2678·6	stark
		2678·2	2677·7	
		2677·3	2676·7	schwach
		2675·8	2675·3	
		2673·2	2672·6	stark
		2671·1	2670·4	
		2668·1	2667·5	schwach
		2666·0	2665·6	

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		2663·9	2663·3	stark
		2660·9	2660·5	schwach
		2659·7	2659·0	
		2657·4	2656·8	stark
		2654·3	2653·9	schwach
		2653·7	2653·2	
		2651·3	2650·9	
		2648·2	2647·7	stark
		2645·7	2645·4	
		2643·1	2642·7	schwach
		2642·2	2641·8	
		2640·5	2640·4	stark
		2638·5	2638·4	
		2636·9	2636·4	schwach
		2635·7	2635·3	ziemlich stark
		2634·8	2634·1	
		2631·3	2630·9	breit, stark
		2628·3	2627·5	
		2627·7	2626·5	schwach
		2625·9	2625·2	
		2624·3	2623·6	stark, breit
		2622·8	2622·1	ziemlich stark
		2622·2		
		2621·4	2620·9	schwach
		2620·6	2619·7	
		2618·9	2618·5	ziemlich stark
		2617·7	2617·0	schwach
		2616·5	2615·7	
		2614·6	2614·0	ziemlich stark, breit
		2613·5	2612·8	
		2611·0	2610·1	sehr schwach
		2609·7		
		2608·9	2608·7	
	2609·8	2608·4	2607·6	stark; charakteristische Schlusslinie des Bandes γ

Wasserdampfband δ.

(Es sind hier nur die stärkeren Linien gemessen und mit der correspondierenden, von Liveing und Dewar gemessenen, verglichen worden.)

Huggins	Deslandres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
		2589·1	2588·7	
		2584·4	2584·3	
		2569·1	2568·5	
		2567·0	2566·5	
		2559·6	2559·0	
		2556·4	2556·0	
		2553·4	2553·2	
		2550·3	2550·0	
		2547·7	2547·1	
		2537·7	2536·4	schwach
		2530·2	2530·0	
		2524·2	2523·7	
		2519·8	2518·9	
		2503·1	2502·2	
		2491·1	2490·7	
		2471·9	2471·1	
		2462·8	2461·9	
		2456·0	2455·7	
		2449·3	2448·6	

Bemerkungen zu Herrn C. Bohn's Abhandlung: «Über Flammen und leuchtende Gase».

Von

J. M. Eder.

(«Zeitschrift für physikalische Chemie», November 1895.)

Im XVIII. Bande der «Zeitschrift für physikalische Chemie», pag. 219, theilte Herr C. Bohn seine Versuche über das Spectrum der aus der Bunsen'schen Lampe brennenden Leuchtgasflamme mit, welche er mittelst des Teclu'schen Brenners anstellte. Die sehr eingehend beschriebenen Versuchsergebnisse enthalten theilweise Angaben, welche meine Abhandlung: «Über das sichtbare und das ultraviolette Emissionsspectrum schwach leuchtender Kohlenwasserstoffe (Swan'sches Spectrum) und der Oxyhydrogen-Flamme» (vergl. pag. 1 dieser Abhandlungen, sowie Tafel I) berühren.

In dieser meiner Abhandlung, welche Herrn Bohn unbekannt geblieben zu sein scheint, habe ich manche seiner Angaben auf Grund meiner damaligen Versuche früher publiciert, dagegen stehen andere dieser Angaben mit meinen Beobachtungen im Widerspruch. Meine damaligen Spectralmessungen waren theils durch directe Ocular-Beobachtungen am Glasspectroskop, sowie auf Grund von Spectrumphotographien mittelst eines Quarzspectrographen festgestellt worden, so dass ich nicht nur das sichtbare Flammenspectrum untersuchen konnte, sondern auch das ultraviolette Spectrum des brennenden Kohlenwasserstoffes zuerst auffand.

Schon damals gelang mir der Nachweis, dass die gewöhnliche Flamme des Bunsen'schen Brenners, welchem nur so viel Luft zugeführt wird, dass jene nicht leuchtend brennt und einen schwach-blauen Flammenkegel aufweist, folgendes Spectrum gibt: ein schwach leuchtendes continuierliches Spectrum mit eingelagerten Swan'schen Banden. Sogar der obere, fast farblose und äusserst schwach leuchtende Theil der Bunsenflamme zeigt das Swan'sche Spectrum, aber so lichtschwach, dass ich es nur mit Hilfe der Spectrumphotographien durch vielstündige Belichtung nachweisen konnte. Dieser obere Flammentheil zeigt hauptsächlich das Wasserdampfspectrum, was sich freilich nur im Ultraviolett nachweisen lässt. Es gelang mir, wie ich a. a. O. ausführlich beschrieb und durch eine heliographische Tafel meiner Spectrumphotographien deutlich demonstrierte, eine Trennung des Spectrums des blauen Flammenkegels, welcher das Swan'sche Spectrum höchst kräftig gibt, vom farblosen oberen Kegel, welcher das Wasserdampfspectrum gibt, durch Einblasen von Sauerstoff in Leuchtgas-, Benzol-, Petroleumaetherflammen etc.

Meine Wellenlängenmessungen ergaben folgende Resultate:

Rothe Bande α (erscheint in der Bunsenflamme äusserst schwach und wird erst beim Einblasen von Sauerstoff kräftig sichtbar) besteht aus fünf Linien: $\lambda = 6188$, 6120, 6052, 6999, 5955.

Gelbe Bande β: λ = 5634, 5583, 5539, 5500, 5470.

Grüne Bande γ: λ = 5164, 5128, 5095.

Blaue Bande δ: λ = 4736, 4714, 4697, 4684, 4677.

Violette Bande ε: λ = 4380·4, 4371·6, 3364·4, 4359·6, 4356·4, 4352·6, 4348·4, 4344·2, 4340·0, 4335·7, 4329 und die einzelnstehende Linie λ = 4324·8.

Violette Bande ζ: starke Linie, λ = 4315·0, woran sich λ = 4306·6, 4299·2, 4293·9, 4287·6, 4282·0, 4276·4, 4269·6, 4263·4, 4256·9, 4250·7, 4244·3, 4338·2, 4232·3, 4226·2, 4220·2, 4213·9, 4207·6, 4201·8, 4195·2, 4190·0, 4184·8 anschliesst.

Ultraviolette Bande η: anfangs ein schwach-continuierliches Spectrum, dann schwache Linien: λ = 4047·3, 4032·8, 4019·0, 4005·7; dann stärker werdend: λ = 3993·9, 3982·4, 3971·8, 3961·9, 3952·5, 3943·8, 3935·7, 3927·9, 3921·3, 3915·5, 3911·3, 3906·0, 3902·4, schwächer werdend: λ = 3898·7, 3896·0, 3893·0, 3889·8, 3884·4, 3875·6, 3877·2, 3875·7 und die einzelnstehende starke Linie: λ = 3872·6.

Ultraviolette Bande ϑ (tritt nur beim Anfachen der Kohlenwasserstoff-Flamme mit Sauerstoff auf): λ = 3687·0, 3677·5, 3668·6, 3663·6, 3660·7, 3657·4, 3654·0, 3650·9, 3646·1, 3642·0, 3638·0, 3634·5; dann einzelnstehend die starke Linie λ = 3627·4.

Diese meine Zahlen geben den Typus des Swan'schen Spectrums wohl genauer wieder, als die Bohn'schen Scalenangaben, abgesehen davon, dass sie auch die kurzwelligen Spectralbezirke einschliessen. Um diese Zahlen noch genauer festzustellen, bin ich eben daran, in Gemeinschaft mit Herrn E. Valenta eine Neubestimmung mit einem Concavgitter vorzunehmen, welches viel genauere Wellenlängenmessungen, als die mit den Prismenapparaten von kleiner Dispersion erzielten, ermöglicht. Aber selbst dann, wenn diese Wellenlängen mittelst des Gitterspectrographen mit thunlichster Genauigkeit festgestellt sein werden, eignet sich dennoch das Swan'sche Spectrum nur schlecht als Normallicht, wenn man optische Bestimmungen mit charakteristischen Lichtarten ausführen will.

Herr Bohn sagt, dass sich mit den scharfen Rändern der Swan'schen Banden «recht gute Bestimmungen des Brechungsexponenten» von drei Lichtarten erhalten lassen, was bequemer sei, als das Linienspectrum des Wasserstoffes. Diesem Vorschlage kann ich nicht beipflichten, weil betreffs der Swan'schen Banden nachgewiesen ist, dass sie zu jener Art von Banden gehören, deren einzelne Componenten sich beiderseits ungleichmässig verbreitern, so dass sie mit variabler Helligkeit oder Spaltbreite ihre Lage im Spectrum zu verändern scheinen; aus diesem Grunde liefern die Hauptlinien des Wasserstoffes genauere Resultate, falls man sich auf sie bezieht.

Die Einwendungen Bohn's gegen den «in die Lehrbücher übergegangenen» Satz (pag. 227): «dass feste Stoffe continuierliche, Gase und Dämpfe aber discontinuierliche, bei niedriger Temperatur Banden-, bei höherer Temperatur Linienspectren» geben, sind mir nicht ganz verständlich; denn erstens hat schon Bunsen selbst gelegentlich seiner Untersuchungen über das «Didymspectrum» gezeigt, dass feste glühende Körper ein Bandenspectrum geben können und zweitens wendet sich Herr Bohn gegen den «zweiten Theil dieses Satzes». Über diese letztere Einwendung wäre allerdings principiell nichts zu sagen, wohl aber muss ich mich gegen die Bohn'sche Motivierung aussprechen, denn ich halte sie für unrichtig. Der Genannte sagt nämlich, «seine Mittheilung lehrt», dass verbrennendes Wasserstoff- (und Kohlenoxyd-)Gas continuierliche Spectra gibt. Das ist in dieser allgemeinen Fassung unrichtig, denn es gilt nur für den sichtbaren Theil des Spectrums der H-Flamme, wogegen dieselbe ein ausgezeichnet definiertes, compliciert gebautes discontinuierliches Spectrum zeigt, welches allerdings sich der directen Ocularbeobachtung entzieht, denn es liegt bekanntlich im Ultraviolett.

Ferner ist Herrn Bohn's Bemerkung (pag. 229) nicht zutreffend: dass «erst bei explosiver (Knallgas-) Verbrennung des Kohlenwasserstoffes» das Bandenspectrum auftritt. Meine in der früher citierten Abhandlung publicierten photographischen Reproductionen der Flammenspectren zeigen unzweifelhaft

das Auftreten des Bandenspectrums in der gewöhnlichen Bunsen-Leuchtgasflamme; freilich ist dasselbe lichtarm, aber mittelst Spectrumphotographie objectiv deutlich nachweisbar.

Auf weitere Einzelnheiten will ich mich nicht einlassen, sondern mich den auf pag. 238 angegebenen «Hauptergebnissen» der in Rede stehenden Abhandlung zuwenden.

Ad 1, wo Herr Bohn sagt: «Es ist nicht richtig, dass leuchtende Gase und Dämpfe immer discontinuierliche Spectren geben. Bei gewöhnlicher Verbrennung liefern sie continuierliche Spectren», ist Folgendes zu bemerken: der erste Satz ist nicht neu, aber für den sichtbaren Theil des Spectrums richtig. Der letzte Satz ist allerdings von Herrn Bohn als neu aufgestellt, aber er ist nicht zutreffend. Denn wenn der Genannte sagt: «Die Gase und Dämpfe geben bei gewöhnlicher Verbrennung continuierliche Spectren», so widerspricht das den Thatsachen, denn gerade die von ihm untersuchten Leuchtgasflammen geben im Bunsenbrenner stets die Swan'schen und die Wasser-Banden und Linien. Der weitere Satz Bohn's: «nur bei der explosiven Verbrennung liefern sie Bandenspectren» fällt in dieser exclusiven Fassung in weiterer Consequenz von selbst. Der Schlussatz von § 1 (pag. 238): «hingegen habe ich (Bohn) beim Durchgange von Inductionsfunken durch verdünnte Gase und Dämpfe Bandenspectren erhalten» sagt selbstverständlich Altbekanntes und ist zutreffend, ebenso Punkt 2 auf pag. 238.

Ad 3. Zu Punkt 3 (pag. 239), in welchem Herr Bohn erklärt: «es sei ihm nicht möglich, ein bestimmtes Bandenspectrum des Kohlenstoffes anzugeben» und es treffe «das Kennzeichen, die weniger brechbaren Ränder aller Kohlenstoffbanden seien scharf, die brechbareren verwaschen,» nicht zu, bemerke ich Folgendes: die Nichtexistenz dieses angeblichen «Kennzeichens» wurde von mir in meiner eingangs erwähnten Abhandlung nachgewiesen.

In meiner Abhandlung heisst es: «Die bis jetzt bekannten, einschliesslich der von mir aufgefundenen Banden des Swan'schen C-Spectrums lassen sich entsprechend dem Bau der Linien, aus welchen sie bestehen, in zwei verschiedene Gruppen theilen. — 1. Erste Gruppe von C-Banden, welche gegen das weniger brechbare Ende zu die stärksten Linien aufweisen und in derselben Richtung eine scharfe kräftige Kante zeigen, während die folgenden Linien, gegen das stärker brechbare Ende zu, allmählich schwächer werden und in grossen Abständen aufeinander folgen. Hierher gehören die Banden α, β, γ, δ und ζ. — 2. Zweite Gruppe, bei welcher die Anordnung der Linien und die Abschattierung der Banden in entgegengesetzter Richtung erfolgt; hierbei ist die charakteristische Grenzlinie der Bande gegen das brechbarere Ende gelegen und hieran schliesst sich in der Richtung des weniger brechbaren Theiles des Spectrums eine aus zahlreichen Linien bestehende Bande an, bei welcher die Linien in derselben Richtung schwächer werden; zugleich folgen die Linien gegen das weniger brechbare Ende zu in immer grösseren Abständen. Hierher gehören die Banden ε, η, ϑ. Es ist für diese Banden charakteristisch, dass die gegen das stärker brechbare Ende gewandte starke Schlusslinie derselben deutlich isoliert ist von der gegen das weniger brechbare Ende zu abschattierten Liniengruppe u. s. w.».

Man kann somit nicht von einem Kennzeichen über die Richtung der Abschattierung der Banden bei dem Swan'schen Spectrum sprechen, sondern hat mehrere Kennzeichen für bestimmte Banden-Gruppen, je nachdem die scharfen Ränder der Banden bald nach Roth, bald nach Ultraviolett zugewendet sind.

Auf die von Herrn Bohn beschriebenen Phänomene von Plücker'schen Röhren, welche mit CO, CO_2 und CH_4 gefüllt sind, will ich an dieser Stelle nicht näher eingehen; diese Beobachtungen sind sehr interessant und werden sich erst dann besser discutieren lassen, wenn die betreffenden Linien genauer ausgemessen sein werden.

Über das sichtbare und das ultraviolette Emissionsspectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme (Ammoniak-Spectrum).

Von

J. M. Eder.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 3. November 1892.)

Bei meinen Untersuchungen «Über das sichtbare und das ultraviolette Emissionsspectrum schwach leuchtender verbrennender Kohlenwasserstoffe und der Oxyhydrogen-Flamme»[1]) hatte ich die Überzeugung gewonnen, dass die charakteristischen Linien und Banden derartiger Flammenspectren im violetten und ultravioletten Theile liegen. Es schien mir interessant, auch das Emissionsspectrum des in Sauerstoff verbrennenden Ammoniaks einer genaueren Untersuchung zu unterziehen, in der Voraussetzung: charakteristische neue Linien im stärker brechbaren Theile des Ammoniakspectrums aufzufinden.

Gleich bei den ersten Vorversuchen fand ich diese Vermuthung bestätigt. Über die von mir entdeckten höchst charakteristischen und schön definierten Banden im Violett und Ultraviolett des Spectrums der Ammoniak-Oxygen-Flamme machte ich bereits in einer vorläufigen Notiz im Anzeiger der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien vom 6. März 1891 eine Mittheilung.

Diese Hauptbanden und Linien des Ammoniak-Flammenspectrums im Ultraviolett haben sogar eine weitaus grössere photographische Helligkeit, als die bisher bekannten zumeist verwaschenen Linien im sichtbaren Spectrum, welche letztere bis jetzt mehrfach Gegenstand der Beobachtung waren, nämlich durch Mitscherlich[2]), Dibbits[3]), Hofmann[4]) und G. Magnanini[5]).

Von diesen Bestimmungen der Wellenlängen der Linien und Banden des Ammoniak-Flammenspectrums rühren die eingehendsten von G. Magnanini her, welcher das sichtbare Spectrum mittelst eines Krüss'schen Spectroskopes (mit zwei Glasprismen von 60°) sorgfältig ausmass. Jedoch unterwarf dieser Spectroskopiker, ebenso wie Dibbits und Hofmann, nur den helleren Theil des Spectrums der Untersuchung; schon im Indigoblau wird die directe Beobachtung unsicher und es sind im Violett bei der geringen Helligkeit des in Rede stehenden Spectrums die Linien entweder kaum oder gar nicht

---

[1]) Vergl. pag. 1 dieser Abhandlungen.

[2]) Poggendorff's Annal., 1863, Bd. CXXI, pag. 459. Auch Kayser: «Spectralanalyse», 1883.

[3]) Poggendorff's Annal., 1864, Bd. CXXII, pag. 497. Auch Kayser: «Spectralanalyse», 1883 und Watts: «Index of Spectra», 1889, pag. 161.

[4]) Poggendorff's Annal., Bd. CXLVII, pag. 92. — Kayser: a. a. O.

[5]) Atti della reale Accademia de lincei, 1889, Serie quarta, Bd. V, I. Semester, pag. 900.

sichtbar und entziehen sich der Messung. Das Studium dieses, sowie des ultravioletten Theiles ist nur mit Hilfe der photographischen Methode möglich, welche ich aus diesem Grunde anwendete, um zur genaueren Kenntnis dieses merkwürdigen Spectrums zu gelangen.

Während bis jetzt nur ungefähr 70 Linien im sichtbaren Spectrum von $\lambda = 6666$ bis $\lambda = 4450$ bekannt waren, habe ich ungefähr 240 neue Linien, $\lambda = 5000$ bis $\lambda = 2262$, entdeckt, so dass dem Ammoniak-Emissionsspectrum nach unserer nunmehrigen Kenntnis über 300 Linien zukommen, worunter sich aber ohne Zweifel noch mehrfach unaufgelöste Banden befinden, welche aus zahlreichen Linien bestehen dürften.

Der angewandte Quarzspectrograph.

Obschon der von mir benützte Quarzspectrograph (welcher ein Cornu'sches Bergkrystallprisma von 60° enthält) bereits in der früher citierten Abhandlung in den «Denkschriften» ausführlich beschrieben worden war, so sehe ich mich dennoch veranlasst, nachträglich eine Ergänzung zu jener Beschreibung folgen zu lassen und zwar angeregt durch mehrere Anfragen betreffs einiger Details dieses Apparates.

Fig. 12.

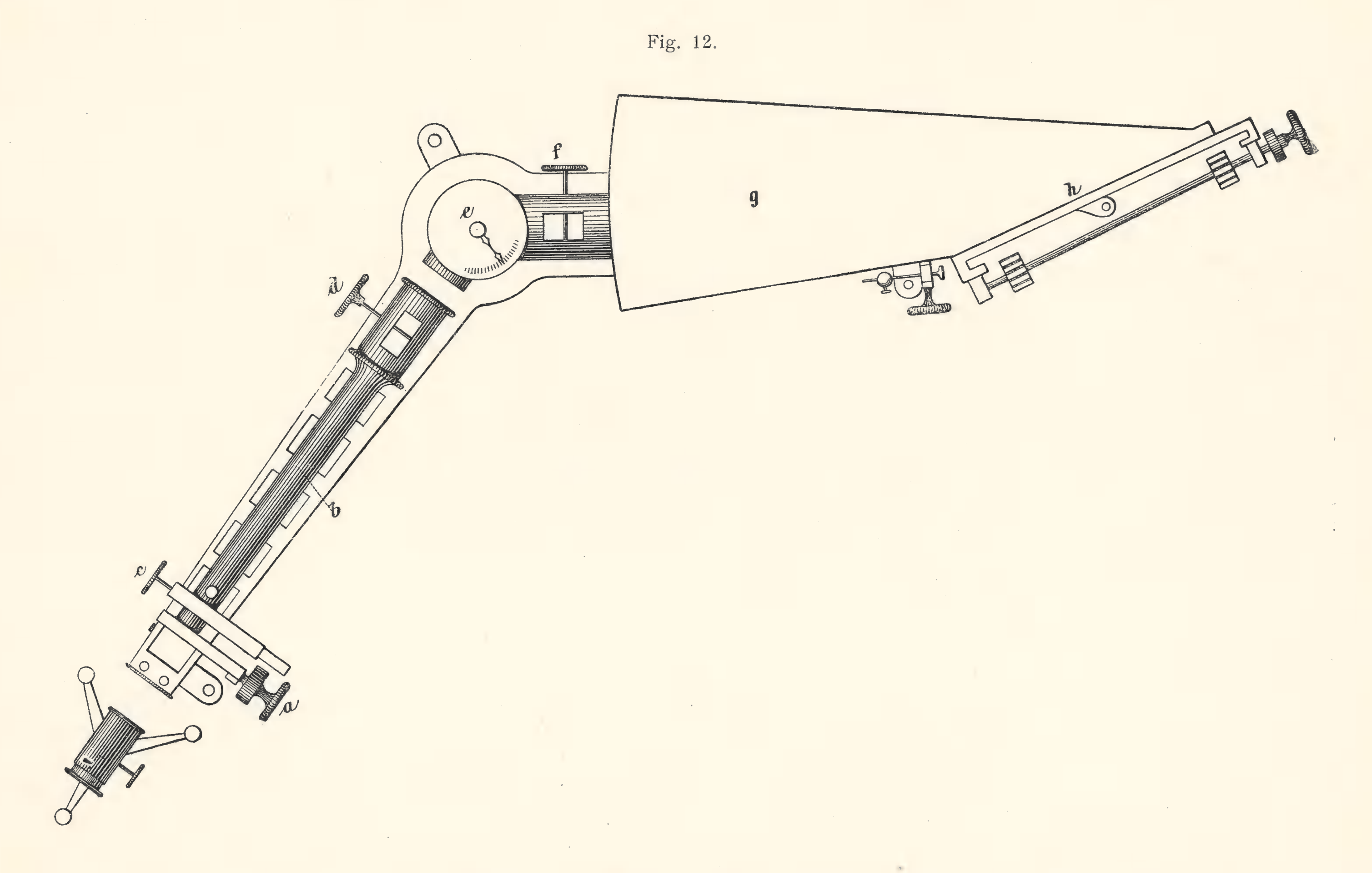
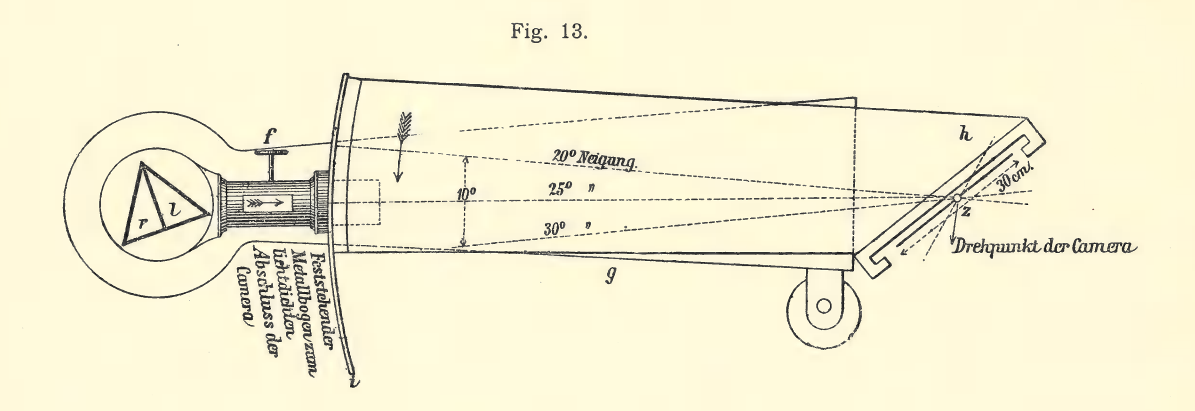


Fig. 12 zeigt die äussere Ansicht des Spectrographen, mit der Schumann'schen Camera- und Cassetteneinrichtung; *a* ist die Theiltrommel der durch eine Mikrometerschraube regulierbaren Collimatorspalte, *b* das Collimatorrohr, dessen Lage zum Prisma durch eine Schraubenvorrichtung bei *c* verändert werden kann. Durch das Trieb (*d*) lässt sich die Collimatorlinse (Bergkrystall) verstellen. Das Gehäuse (*e*) enthält das Cornu'sche Prisma und bei *f* befindet sich das Trieb für die Bergkrystallinse, welche das Spectrumbild in die photographische Camera (*g*) auf die nächst *h* befindliche schräge Platte wirft, welche in der bekannten Weise in einer Cassette befindlich ist.

Die Camera besteht aus einem langen hölzernen Kasten (*g*), dessen verjüngtes Ende die Laufbahn der mittelst zweier Triebe und Zahnstangen parallel verschiebbaren Cassette trägt. Die Laufbahn ist zur Längsrichtung des Kastens sehr geneigt. Der Winkel, den sie mit der Mittellinie des Kastens einschliesst, beträgt ungefähr 25°. Die Camera lässt sich um einen Zapfen drehen, der unterhalb der Cassettenlaufbahn auf einem kräftigen Arm des gusseisernen Untergestelles des Spectrographen angebracht ist. Die verlängerte geometrische Axe dieses Zapfens fällt genau mit der verticalen Mittellinie der lichtempfindlichen Seite der photographischen Platte zusammen; zugleich schneidet die optische Axe die Cameralinse. Zapfenaxe, Laufrichtung der Platte und brechende Kante des Quarzprismas sind parallel.

Dieser eigenartigen Anordnung des Zapfens (*z*) zufolge bleibt die Plattenmitte, wenn sie einmal scharf eingestellt ist, auch dann noch im Focus, sobald man die Camera dreht und damit zugleich die

Fig. 13.



Neigung der Platte zur Linsenaxe ändert. Die Einstellung der Camera auf einen bestimmten Winkel macht sich nämlich nöthig, wenn das Spectrum in allen seinen Theilen gleichmässig scharf erscheinen soll.

Fig. 14.

Die Winkelbeweglichkeit der Camera umfasst 10° und der Neigungswinkel zwischen Linsenaxe und Platte kann zwischen 20° und 30° beliebig verändert werden.

Fig. 13 zeigt diese von Herrn V. Schumann in Leipzig ersonnene, äusserst vortheilhafte Einrichtung von oben gesehen. Die Drehung der Camera erfolgt bei *z*. Das Objectiv (*f*) ist fest am Gehäuse für das Doppelprisma angebracht. Ein feststehender Metallbogen (*i*) schliesst äusseres Licht aus. Fig. 14 zeigt in einer seitlichen Ansicht, wie dieser Metallbogen (*i*) lichtdicht und dennoch beweglich mit der Camera (*g*) verbunden ist.

Im übrigen habe ich zu der in meiner früheren Abhandlung mitgetheilten Beschreibung der von mir benützten Apparate nichts hinzuzufügen.

Herstellung der Ammoniak-Sauerstoff-Flamme und des Vergleichsspectrums.

Die genannten Spectroskopiker, welche das sichtbare Spectrum der Ammoniakflamme untersuchten, liessen gasförmiges Ammoniak mit Sauerstoff verbrennen und benützten die resultierende fahlgelbe Flamme zur Beobachtung. Auch ich befolgte denselben Vorgang, musste aber besonders darauf bedacht sein, eine lang anhaltende möglichst helle Ammoniakflamme zu erzielen, weil dieselbe für meine Zwecke während einer Belichtungszeit von ungefähr 6 bis 12 Stunden annähernd constant andauern musste. Die lichtschwächeren Banden des Ammoniakspectrums gaben nämlich erst nach langer Belichtungszeit ein hinlänglich kräftiges photographisches Bild, welches die zum Ausmessen der Linien erforderliche Deutlich keit besitzt.

Eine constante und genügend helle Ammoniak-Sauerstoff-Flamme lässt sich in folgender Weise erzielen: In einem geräumigen Glaskolben wird ein inniges Gemisch von gelöschtem Kalk und Chlorammonium im Sandbade langsam erwärmt und das entweichende Ammoniakgas in Wasser gewaschen. Das Trocknen des Gases schien mir für den hier beschriebenen Versuch nicht nothwendig, weil sich beim Verbrennen des Ammoniak ohnedies Wasserdampf bildet und die Wasserbanden im Spectrum unvermeidlich sind.

Das Ammoniakgas wird zu einer T-förmigen Glasröhre geleitet, in welche andererseits ein langsamer Strom von Wasserstoffgas eintritt.

Der Wasserstoff wird mittelst Zink und Schwefelsäure entwickelt, mit Silbersulfatlösung gereinigt und dann durch mehrere, mit starkem wässerigen Ammoniak gefüllte Wulff'sche Flaschen geleitet, wodurch er Ammoniakgas mit sich nimmt.

Diese Mischung von Ammoniakgas und Wasserstoffgas[1]) wird aus dem T-Rohre in ein Linnemann'sches «Knallgasgebläse» geleitet und entzündet. Das Spectrum dieser fahlen gelblichen Flamme zeigt ein nicht besonders lebhaftes Ammoniakspectrum. Die Helligkeit des Spectrums wird jedoch merklich grösser, sobald man Sauerstoff zutreten lässt. Es trennt sich dann die Flamme in einen inneren, ziemlich hellen, blassgelben Kegel und einen reichlichen, oberen, nahezu farblosen Flammentheil (Mantel). Lässt man zu wenig Sauerstoff zutreten, so gehen beide Theile ineinander über, dabei verliert aber die Flamme an Helligkeit; bei der richtigen Sauerstoffzufuhr ist der innere gelbe Kegel ungefähr $^1/_2$ bis 1 *cm* hoch, bei zu viel Sauerstoff aber verschwindet der gelbe Kegel fast völlig und die Flamme zeigt kein Ammoniakspectrum mehr.

Es sei gleich hier erwähnt, dass nur das Spectrum des inneren gelben Kegels der Ammoniak-Sauerstoff-Flamme das charakteristische Ammoniakspectrum aussendet, während der nahezu farblose aüssere Mantel das Wasserdampfspectrum gibt, welches allerdings nur in der Spectrumphotographie des Ultraviolett nachweisbar ist, dem Auge bei der directen Beobachtung aber unsichtbar bleibt.

Es herrscht also bei dieser Flamme dieselbe Erscheinung vor, wie bei dem Spectrum der Bunsen'schen Leuchtgasflamme, bei welcher ich gleichfalls den Nachweis führte[2]), dass das Swan'sche Kohlenspectrum am deutlichsten im inneren blauen Flammenkegel auftritt, während der äussere nahezu farblose Theil blos das Wasserdampfspectrum gibt.

Dem von mir entdeckten, nachfolgend genauer beschriebenen Emissionsspectrum des in Sauerstoff verbrennenden Ammoniak sind aber stets die charakteristischen ultravioletten Banden des Wasserdampfspectrums (Emissionsspectrum) mehr oder weniger beigemengt. Da ich dieses letztere Spectrum aber in meiner oben citierten Abhandlung in den «Denkschriften der Akademie» genau beschrieben und ausgemessen hatte, so war die Ausscheidung der dem Ammoniak zugehörigen charakteristischen Spectrallinien und Banden von jenen des Wasserdampfspectrums nicht schwierig.

Zur Bestimmung der Wellenlängen der Linien des Ammoniakspectrums bezog ich dieses Spectrum auf das Funkenspectrum einer Legierung von Zink + Cadmium + Blei[3]). Zur besseren Übersichtlichkeit und zur Controle der von mir angegebenen Werte theile ich jene Wellenlängen des Metallspectrums mit, welche ich bei der Reduction der beobachteten und ausgemessenen Linien des Ammoniakspectrums in die Rechnung setzte.

[1]) Ammoniakgas + Wasserstoff brennt im Knallgasgebläse gleichmässiger als Ammoniakgas ohne Wasserstoffbeimengung, ohne dass die Spectralerscheinungen in merklicher Weise differieren würden.

[2]) A. a. O.

[3]) Dieses Funkenspectrum der Metallegierung wurde mitten in das Ammoniakspectrum hineinphotographiert (vergl. die beigegebene Tafel), so dass die Lage der Linien oben und unten abgelesen werden konnte.

Cd	5085	Thalén	Luft	3437·0	Hartley u. Adeney
Zn	4924	„	Cd	4302·9	„
Zn	4911	„	Zn	3344·4	„
Zn	4813	„	Zn	3301·7	„
Cd	4799	„	Zn	3281·7	„
Zn	4721	„	Cd	2747·1	„
Cd	4677	„	Zn	2711·5	„
Luft	4629	Hartley u. Adeney [1])	Pb	2613·4	„
Luft	4446	„	Zn	2607·6	„
Luft	4415	„	Cd	2572·2	„
Pb	4386	„	Zn	2557·3	„
Pb	4245	„	Zn	2526·3	„
Pb	4058	„	Zn	2521·3	„
Luft	3995	„	Zn	2514·7	„
Luft	3919	„	Zn	2490·4	„
Luft	3749	„	Zn	2485·9	„
Pb	3739	„	Pb	2475·7	„
Pb	3683	„	Cd	2469·3	„
Pb	3639	„	Zn	2441·6	„
Cd	3611·8	„	Zn	2427·0	„
Cd	3609·6	„	Pb	2393·7	„
Pb	3573	„	Cd	2329·5	„
Cd	3466·8	„	Cd	2313·6	„
Cd	3465·4	„	Cd	2265 [2])	„

Beschreibung des Emissionsspectrums des Ammoniak.

Bei der Untersuchung des Emissionsspectrums der Ammoniak-Sauerstoff-Flamme tritt die Überlegenheit der photographischen Methode sehr deutlich hervor. Dies gilt nicht nur — was ganz selbstverständlich ist — für das Ultraviolett, sondern auch für jene Farben des Spectrums, welche der directen Beobachtung mit dem Auge zugänglich sind, namentlich im Blau und Violett. Es geht dies aus der Gegenüberstellung der directen spectroskopischen Ablesungen von Dibbits, Hofmann und Magnanini mit meinen auf photographischem Wege gewonnenen spectrographischen Resultaten (s. später) hervor, wo die letzteren viel mehr Linien ergeben.

Meine photographischen Aufnahmen wurden theils auf Erythrosin-Bromsilbergelatineplatten, theils auf hochempfindlichen reinen Bromsilbergelatineplatten hergestellt; die ersteren Aufnahmen erstrecken sich bis ins Gelb, die letzteren bis ins Grün [3]).

Die rothen, gelben und grünen Linien sind von Magnanini mit befriedigender Genauigkeit gemessen, während ich für die blauen und violetten Banden nur die der photographischen Methode gelten lassen möchte.

---

[1]) Die Genauigkeit der Messungen dieser Bande erstreckte sich nur auf Eine Angström'sche Einheit, weshalb ich auch die Hartley-Adeney'schen Zahlen nur auf vier Stellen genau angebe.

[2]) Bei dieser Cadmiumlinie wurde ein auf Eine Angström'sche Einheit abgerundeter Wert eingesetzt, weil die Genauigkeit der Messung der hierauf bezogenen letzten Ammoniakbande keine höhere war.

[3]) Die auf der beigegebenen Tafel abgebildete Heliographie des Ammoniakspectrums ist nach einer Aufnahme auf Bromsilbergelatine hergestellt und reicht nur bis ins Grün, dagegen sind die ultravioletten Partien deutlicher als auf meinen Erythrosinplatten.

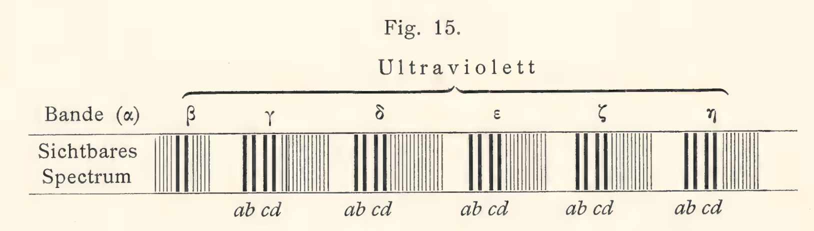
Das Emissionsspectrum des in Sauerstoff verbrennenden Ammoniakgases zeigt folgenden charakteristischen Bau:

1. Eine Hauptbande (α) von grösserer Wellenlänge, welche sich von Roth bis in den Beginn des Ultraviolett erstreckt und aus vielen theils schärferen, theils verwaschenen Linien oder Banden besteht; dieselben zeigen keine irgendwie auffallende Regelmässigkeit.

2. Eine zweite (erst von mir entdeckte) höchst charakteristische, aus scharfen Linien bestehende und regelmässig angeordnete Bande, welcher die grösste photographische Lichtwirkung im ganzen Spectrum zukommt. Die kräftigste Linie dieser Bande (β) hat eine Wellenlänge von $\lambda = 3359$, die zweitstärkste $\lambda = 3370$; rechts und links von diesen Linien folgt anscheinend in regelmässiger Vertheilung ein System von feinen Linien; der Typus der Bande β, sowie der nachfolgenden Hauptbanden lässt sich durch die nachstehende rohe Skizze[1]) veranschaulichen (Fig. 15), während ein genaueres Bild die heliographische Reproduction der Spectrumphotographie (Taf. II, Fig. 1) darbietet.

3. An der stärker brechbaren Seite des Ammoniakspectrums treten fünf analog gebaute, einander sehr ähnliche (gleichfalls neue) Banden auf, welche ihre scharfe Kante gegen das weniger brechbare Ende richten und sich in der anderen Richtung in sehr viele, nahe bei einander stehende, ziemlich regelmässig gruppierte feine Linien auflösen lassen. Die nebige Skizze γ bis η gibt ein beiläufiges Bild des Baues dieser Banden. Die Linien *ab* einerseits und *cd* anderseits stehen nahe beisammen. Der Raum zwischen *b* und *c* ist jedoch bei jeder Bande (γ bis η) mit einem continuierlichen gegen das stärker brechbare Ende abschattierten Spectrum erfüllt, welches sich vielleicht in feine dichte Linien auflösen lassen dürfte. Von der Linie *d* ab sind viele feine Linien deutlich sichtbar. Nächst der Bande (β) ist die Bande ε die lichtstärkste, gleich darauf folgen an Lichtstärke die Bande δ und ζ, dann γ, dann η.

Fig. 15.



Skizze der Hauptbanden des Emissionsspectrums der Ammoniak-Oxygen-Flamme.

Es soll besonders hervorgehoben werden, dass der Bau der ultravioletten Ammoniakbanden mit demjenigen des Emissionsspectrums des Wasserdampfes (Oxyhydrogen-Flamme, s. Eder a. a. O.) insoferne eine entfernte Ähnlichkeit hat, als bei beiden sich homologe Banden allmählich schwächer werdend wiederholen und dadurch auf einen gewissermassen rhytmischen Bau der ganzen Reihenfoge der Banden hinweisen. Jedoch sind beim Emissionsspectrum des Wasserdampfes die ultravioletten Banden in entgegengesetzter Seite mehr abschattiert, als beim Ammoniak, das heisst die Banden γ, δ, ε, ζ, η haben beim Ammoniakspectrum ihre scharfe und kräftigere Kante gegen das weniger brechbare Ende gerichtet und schattieren sich gegen das brechbarere Ende ab; bei dem Wasserdampfspectrum (Bande α, β, γ, δ) ist das Entgegengesetzte der Fall. Ferner erstreckt sich das Ammoniakspectrum viel weiter gegen das brechbarere Ende, als das Spectrum des Wasserdampfes[2]). Auch zeichnen sich die sämmtlichen sechs ultravioletten, sehr linienreichen Ammoniakbanden β bis η durch einen weitaus regelmässigeren Bau gegenüber dem Wasserdampfspectrum aus. Dass das sichtbare Ammoniakband α jedoch unregelmässig und theilweise verwaschen ist, habe ich bereits erwähnt.

[1]) S. Anzeiger d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien (mathem.-naturw. Cl.), vom 5. März 1891, Nr. 6.

[2]) In beiden Fällen ist vom Flammenspectrum im Knallgasgebläse die Rede.

Im Nachstehenden theile ich die Wellenlänge der von mir gemessenen Linien im Emissionsspectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme mit und füge zur grösseren Übersichtlichkeit die von Lecocq de Boisbaudran, Dibbits, Hofmann und Magnanini ermittelten Wellenlängen im sichtbaren Spectrum hinzu. Es ist bemerkenswert, dass die Wellenlängenbestimmungen der genannten Forscher im Roth, Gelb und Grün befriedigend übereinstimmen, so gut es eben bei dem verwaschenen Charakter der meisten dieser Banden möglich ist. Es ist jedoch sehr bemerkenswert, dass die Beobachtung durch directe Ablesung am Spectroskop schon im Blau sehr unsicher wird; ich fand eine ganze Reihe genügend deutlicher Linien auf meinen Spectrumphotographien im Blau, welche den früheren Beobachtern entgangen waren, während die von mir aufgefundenen Banden im Violett und Ultraviolett sämmtlich neu sind. Die Genauigkeit meiner Wellenlängenangaben im Ultraviolett ist wesentlich genauer, als jene im weniger brechbaren Theile des Spectrums, weil einerseits die Linien des von mir untersuchten Spectrums im ersteren Falle besser definiert sind und andererseits die Dispersion meines Spectrographen im Ultraviolett weitaus grösser ist. Selbstverständlich ist bei der folgenden Aufzählung der Linien des Emissionsspectrums des brennenden Ammoniak die Eliminierung der gleichzeitig auftretenden Wasserdampflinien, welche das erstgenannte Spectrum theilweise durchsetzen, vorgenommen worden und zwar auf Grund meiner früheren Untersuchungen (Denkschriften d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1890). Auf der heliographischen Reproduction des Ammoniakspectrums (Taf. II, Fig. 1) erkennt man deutlich die Ammoniakbanden α bis η, nebst den Wasserbanden α und β; mitten durch ist das Vergleichsspectrum einer Legierung von Cadmium, Zink und Blei (Funkenspectrum) photographiert. Leider sind in der heliographischen Reproduction die Feinheiten des zarten Linienbaues der einzelnen Banden verlorengegangen, so dass unsere Heliogravure nur ein unvollkommenes Bild des in Rede stehenden Spectrums gibt.

Tabelle über die Wellenlänge der Linien im Emissionsspectrum in der Ammoniak-Oxygen-Flamme.

(Ausgedrückt in Angström'schen Einheiten.)

Lecocq de Boisbaudran	Dibbits[1]	Hofmann[1]	Magnanini	Eder	Bemerkungen	
Ammoniakbande α						
—	733—652	—	6666	—	nebelige Linie	Roth
—	662	663—659	6626	—		
—	—	—	6602	—	schwache, aber scharfe Linie	
—	654	—	6562—6532	—	nebelige Bande, nicht in Linien auflösbar	
—	—	644—642	6488—6433	—	Bande, in Linien auflösbar; gegen Roth zu nebelig	
—	651—633	637—633	6405	—	feine Linie	
—	—	—	6387	—	schwach sichtbare Linie	
—	—	—	6366	—		Orange
—	—	—	6351	—		
6325	633—629	—	6329	—	stark. Die Linie ist scharf gegen Roth, nebelig gegen die andere Seite	
6293	—	—	6292	—	stark. Die Linie ist gegen Violett nebelig	
—	624	—	6262	—		
—	—	625—620	6228	—		
—	—	—	6220	—		
6180	620	—	6188	—	starke Linie, gegen Roth scharf, gegen Violett nebelig	
—	—	617	6170	—		
—	613	613	6114—6094	—		
—	—	—	6070	—		
6045	606—602	606—603	6050	—	starke Linie (diese fünf Linien bilden ein sehr charakteristisches und intensives Band)	
—	—	—	6044	—		
—	—	—	6022	—		
—	—	601	6014	—		
—	599	—	6005	—	starke Linie, scharf gegen Violett, nebelig gegen Roth	

[1]) Dibbits und Hofmann geben die Wellenlänge nur auf drei Stellen an.

Lecocq de Boisbaudran	Dibbits	Hofmann	Magnanini	Eder	Bemerkungen	
Ammoniakbande α						
—	597	597	5972	—	stark	
5964	597—571	—	5958	—	starke Linie, welcher (gegen das brechbarere Ende) zahlreiche schwächere, dicht aneinander stehende Linien folgen	
—	—	—	5922	—		Orange
—	—	—	5912	—		
—	—	589	5886	—	Linie, gegen Violett nebelig	
—	—	—	5882	—		
—	—	585—583	5869	—	unscharfe verschwommene Linie	
—	—	—	5860	—		
—	582	—	5832	—		
—	—	—	5805—5787	—	die Bande besteht aus vielen unmessbaren Linien	
—	—	—	5773	—	scharfe Linie	
—	576	—	5762	—	Linie, unscharf gegen das brechbare Ende (5762, 5746)	
—	—	574—571	5746	—		
—	—	—	5735	—		
—	—	—	5724—5710	—	diese Bande bildet eine Serie von Linien, deren Intensität gegen Violett sich vermindert	
5702	571	—	5702	—	starke Linie (5702, 5693)	
—	569—556	—	5693	—		Gelb
—	—	—	5674—5654	—	Bande, schwer in Linien auflösbar	
—	—	—	5640	—		
—	—	—	5630	—	in der Nähe dieser Linie (gegen Violett) ist eine feine Linie	
—	—	—	5608	—		
—	—	559—556	5597—5568	—		
—	554—550	—	5557	—		
—	—	—	5525	—		
—	—	—	5485	—		
5450—5406	—	555—540	5465—5438	—	diese Bande besteht aus Linien, nebelig gegen Roth	
—	—	—	5430	—		
—	—	—	5416	—		
—	539	538	5390	—	undeutlich	
—	539—527	534	5339—5303	—	Grenzen einer Bande, welche von sehr schwachen Linien erfüllt ist	
5252	527—524	518—526	5270—5262	—	diese Bande besteht aus zwei Linien, welche allmählich nebelig werden (5270—5262, 5253—5242)	
—	—	—	5253—5242	—		
—	523—517	—	5230	—	nebelig	
—	—	519—516	5212—5172	—	Bande nicht in Linien auflösbar	
—	—	—	5166	—		Grün
—	514	—	5156	—	nebelig	
—	—	513	5127—5123	—	nebelig gegen die stärker brechbare Seite	
—	—	—	5115—5108	—	beiderseits nebelig	
—	508	507—502	5084—5072	5079	Mitte der breiten Linie	
—	500—492	—	5072—5020	5007	Linie schmäler als die vorige	
—	592—472	498	4995—4955	4984	Mitte einer ziemlich breiten Linie	
—	—	496—495	—	4966		
—	—	—	4923	4924		
—	—	488—485	4878—4864 (4895, 4869)	4895		
—	—	—		4869		
—	—	—	4840	4839		
—	—	480—479	4789—4774[1] (4785, 4777)	4785	Grenzen eines breiten Streifens (4785, 4777)	
—	—	—		4777		
—	—	—	—	4747		Blau
—	—	470—469	—	4722	breite Streifen	
—	—	467—465	—	4678		
—	—	—	—	4662		
—	—	—	4647 (?)	4641		
—	—	461—459	—	4620		
—	—	—	—	4566		

[1] Die Banden von 4789 bis 4492 erklärt Magnanini als unklar und die Grenze derselben unsicher aufzufinden. Auf meinen Spectrumphotographien ist der Verlauf der Banden aber sehr gut zu erkennen.

Lecocq de Boisbaudran	Dibbits	Hofmann	Magnanini	Eder	Bemerkungen	
Ammoniakbande α						
—	—	455—454	4550—4526	4549—4534	breite Streifen; Mitte bei 4541	Blau
—	—	—	4513—4492 {	4511		
—	—	—		4499		
—	—	—	—	4488		
—	—	—	—	4460		
—	—	—	—	4442		
—	—	—	—	4419		
—	—	—	—	4350		
—	—	—	—	4338	alle diese Linien treten hell auf einem schwachen continuierlichen Spectrum hervor; sie sind beiweitem nicht so scharf, als die Linien der folgenden Banden β bis η	Violett
—	—	—	—	4328		
—	—	—	—	4306		
—	—	—	—	4289		
—	—	—	—	4244		
—	—	—	—	4204		
—	—	—	—	4189		
—	—	—	—	4178		
—	—	—	—	4162		
—	—	—	—	4142		
—	—	—	—	4099		
—	—	—	—	4093		
—	—	—	—	3959		Ultraviolett
—	—	—	—	3947		
—	—	—	—	3919		
—	—	—	—	3885		
—	—	—	—	3797		
—	—	—	—	3790		
—	—	—	—	3779		
—	—	—	—	3750 (?)		
—	—	—	—	3748		
—	—	—	—	3740		
—	—	—	—	3682		
—	—	—	—	3638		
—	—	—	—	3572		

Eder	Intensität der Linien[1]	Bemerkungen
Ammoniakbande β, Hauptbande im Ultraviolett		
3432·2	1	regelmässig angeordnete, deutliche scharfe Linien, welche sich beiderseits um die charakteristischen Hauptlinien λ = 3370·0 und 3359·4 anordnen
3429·2	1	
3426·3	2	
3423·0	2	
3419·6	3	
3416·0	4	
3412·6	5	
3408·9	5	
3405·5	5	von hier an tritt ein schwach leuchtendes continuierliches Spectrum auf, über welchem sich die selbstleuchtenden scharfen Linien abheben
3401·7	5	
3398·4	5	
3395·2	4	
3391·5	4	
3387·8	3	
3384·3	2	
3380·5	1	

[1]) Die grösste Intensität wird mit 10 bezeichnet, die kleinste mit 1.

Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
3370·0	7	starke, scharfe, charakteristische Linie, welche isoliert steht
3359·4	10	stärkste Hauptlinie des gesammten ultravioletten Ammoniakspectrums
3353·5		nebelige breite Linie
3340·3	1	
3336·0	2	
3332·7	3	
3329·4	4	
3325·8	5	
3322·6	5	
3318·9	5	
3315·9	5	
3312·8	4	
3309·6	3	
3306·5	3	
3303·8	3	
3300·8	2	
3298·3	2	
3295·5	1	

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen

Ammoniakbande γ

ab cd

Diese Bande lagert sich über die linienreiche H_2O-Bande γ und ist nur wenig heller als letztere, so dass die Messung schwer fällt. Es wurden von diesem Band, dessen Bau analog den nachfolgenden ist, nur die vier charakteristischen Linien gemessen, während die feinen Linien, welche sich von der Linie *d* (des Bandes γ) gegen das brechbarere Ende erstrecken und das Band abschattiert erscheinen lassen, sich der genaueren Beobachtung entzogen.

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
Linie *a*	2718·3	2	
Linie *b*	2717·2	2	
Linie *c*	2710·0	2	
Linie *d*	2708·2	3	

Ammoniakbande δ

ab cd

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
a	2594·7	2	deutliche charakteristische Linie, woran sich ein schwaches, anscheinend continuierliches Spectrum schliesst, das gegen das brechbarere Ende schwächer wird
b	2593·4	3	charakteristische Hauptlinie, gegen das weniger brechbare Ende scharf, gegen das brechbarere als continuierliches Band abschattiert
c	2586·8	2	charakteristisch. Ähnlich gebaut wie die vorige Linie. Sehr nahe daran schliesst sich die Kante der Linie *d*
d	2585·3	4	starke Linie, welche der Beginn eines aus zahlreichen Linien bestehenden Bandes ist; das letztere hebt sich auf einem allmählich schwächer werdenden continuierlichen Spectrum ab.
	continuierlich mit Spuren von Linien bis		
	2583·0	3	von da an sind zahlreiche Linien in regelmässiger Anordnung deutlich kennbar
	2581·8	3	
	2580·5	3	
	2579·6	3	
	2578·6	3	
	2577·3	3	
	2576·3	3	
	2575·1	3	
	2573·6	3	
	2572·4	3	
	2571·2	3	
	2569·9	3	
	2568·3	3	
	2567·0	3	
	2565·3	3	
	2563·7	3	
	2562·2	3	
	2560·6	3	
	2558·9	3	
	2557·3	2	
	2555·4	2	
	2553·7	1	
	2551·7	1	
	2549·9	1	es schiebt sich hier anscheinend eine neue Bande ein, deren zahlreiche Linien dichter als bei der vorherigen stehen, oder deren Linien sich mit den eventuell sich weiter fortsetzenden Linien der Hauptbande δ sich vermischen. Die Vertheilung der Linien erscheint von λ = 2549·9 ab nicht mehr so regelmässig wie bisher, sondern je zwei und zwei Linien nähern sich etwas. Es liegt auch hier ein schwach leuchtendes continuierliches Spectrum zu Grunde
	2549·0	1	
	2548·0	1	
	2547·0	1	
	2546·0	1	
	2545·1	verwaschen und nebelig	
	2543·9		
	2543·1		
	2542·3		
	2541·5		
	2540·2		
	2539·2		
	2537·8		
	2536·9		
	2535·4		
	2534·1		
	2532·8		
	2531·0		
	2529·6		
	2528·3		
	2527·2		
	2526·2		
	2525·1		
	2523·6		
	2522·7		
	2521·5		
	2500·4		
	2499·1		

Ammoniakbande ε.

(Ähnlich gebaut wie die vorhergehende Bande δ. Die vier Hauptlinien sind in ganz analoger Weise mit *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnet.)

Diese Bande ist lichtstärker als die vorige; sie ist lichtstärker als die Banden γ, δ, ζ und η. Der Linie *b* folgt ein gegen das brechbarere Ende abschattiertes Band; *a* und *c* stehen isoliert.

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
a	2478·0	2	
b	2476·6	3	
c	2470·7	3	
d	2469·5	5	von hier ab folgt ein continuierliches, zimlich lichtstarkes Spectrum, in welchem mehrere nebelige Linien vertheilt sind; das continuierliche Spectrum tritt allmählich zurück und die zahlreichen regelmässig vertheilten Linien werden von da ab gut messbar
	continuierlich mit nebeligen Linien bis		
	2463·4	3	
	2462·2	3	
	2461·3	3	
	2460·3	4	
	2459·4	4	
	2458·4	4	
	2457·4	4	
	2456·4	4	
	2455·4	3	
	2454·3	3	
	2453·1	3	von hier ab werden die Linien breiter und scheinen aus nahe beisammen liegenden Doppellinien zu bestehen
	2451·9	3	
	2450·7	3	
	2449·7	3	
	2447·7	3	
	2446·8	3	
	2445·0	3	
	2443·8	3	
	2442·5	3	
	2441·5	3	

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
	2439·5	2	
	2437·9	2	
	2436·4	2	hier lagert sich ein continuierliches, nach dem brechbareren Ende schwächer werdendes Spectrum hinein, welches einige der zunächst folgenden Linien undeutlich macht
	2434·5	2	
	2432·7	2	
	2431·8	2	
	2429·9	2	
	2428·1	2	
	2427·1	2	
	2424·8	2	
	2423·0	2	
	2421·1	1	
	2419·2	1	
	2418·8	1	
	2416·9	1	
	2414·5	1	
	2413·0	1	
	2410·8	1	
	2409·3	1	
	2407·8	1	
	2406·3	1	

Ammoniakbande ζ.

Der Bau dieser Bande, die Anordnung der vier Hauptlinien (*a*, *b*, *c*, *d*) und schattierten Bande ist ganz analog wie bei δ und ε. S. Figur auf voriger Seite.

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
a	2370·7	2	
b	2369·9	3	
c	2364·1	2	
d	2363·0	4	
	2361·4	2	} diese Linien sind schwierig auf einem continuierlichen Spectrum wahrzunehmen
	2360·5	2	}
	2359·9	2	}
	2359·0	3	von hier ab wird das continuierliche Spectrum schwächer und werden die Linien deutlich
	2358·8		
	2357·4	4	
	2356·5	4	
	2355·5	4	
	2354·7	4	
	2354·0	4	
	2353·2	4	
	2352·4	4	
	2351·4	4	
	2350·7	4	
	2349·4	4	
	2348·4	4	
	2347·4	4	
	2346·4	4	
	2345·4	4	
	2344·7	4	
	2343·0	4	
	2341·7	4	
	2340·4	4	
	2339·1	5	
	2337·8	5	
	2336·2	4	
	2334·8	3	Mitte einer Doppellinie
	2333·4	2	gleichfalls die Mitte einer Doppellinie
	2332·0	1	} von hier ab trennen sich die Doppellinien weiter und konnten einzeln gemessen werden
	2331·6	1	}
	2330·6	1	}
	2329·9	1	}
	2329·0	1	}
	2328·5	1	
	2327·6	1	die einzelnen Componenten der Doppellinien gehen von hier ab so weit auseinander, dass man sie nicht mehr im Zusammenhange wahrnimmt; sie schieben sich völlig ineinander
	2326·9	1	
	2326·1	1	
	2325·3	1	
	2324·6	1	
	2323·5	1	
	2323·0	1	
	2321·9	1	
	2321·4	1	
	2320·4	1	
	2319·7	} undeutlich	} verwaschene Linien
	2317·9	}	}
	2316·5	}	}
	2315·1	}	}
	2313·1	}	}
	2311·6	}	}
	2309·4	}	}
	2307·4	}	}

Ammoniakbande η.

Ist ganz analog gebaut, wie Bande δ, so dass die dort angegebene Skizze auch hier gelten kann; die vier Hauptlinien sind mit *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnet.

	Eder	Intensität der Linien	Bemerkungen
a	2271	1	
b	2270	1	
c	2264	1	
d	2262	1	an diese Linie schliessen sich zahlreiche dicht nebeneinander stehende sehr schwache Linien an, welche sich beiläufig bis λ = 2210 erstrecken

Vergleicht man die von mir aufgefundenen zahlreichen Banden im ultravioletten Emissionsspectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme (inclusive der Banden im sichtbaren Spectrum), so ergibt sich keinerlei Übereinstimmung mit dem Emissionsspectrum aus Wasserstoff oder Stickstoff in den Geissler'schen Röhren.

Es ist das Spectrum der Ammoniak-Oxygen-Flamme das Verbindungsspectrum des Ammoniak, welches dem Spectrum des Wasserdampfes in der Hydro-Oxygen-Flamme analog ist. Dasselbe Verbindungsspectrum des Ammoniak scheint aufzutreten, wenn man den elektrischen Funken durch

wässeriges Ammoniak schlagen lässt. Lecocq de Boisbaudran («Compt. rend.», Bd. CI, pag. 43[1]) fand nämlich im Funkenspectrum des wässerigen Ammoniak die stärksten Linien des Flammenspectrums, was ich auf Grund eigener Versuche bestätigen kann.

Emissionsspectrum von Aminen, welche in Sauerstoff verbrennen.

Obschon bereits G. Magnanini (a. a. O.) das Flammenspectrum von Aethyl- und Trimethylamin (in Sauerstoff verbrennend) untersucht und gefunden hatte, dass kein anderes Spectrum ausser dem Swan'schen und dem Ammoniakspectrum auftrat, so wiederholte ich dennoch denselben Versuch, weil Magnanini das Ultraviolett nicht in den Bereich seiner Untersuchungen gezogen hatte. Es schien mir nämlich nicht unmöglich, dass das Flammenspectrum verbrennender Amine im Ultraviolett ein charakteristisches Verhalten zeigen würde. Deshalb verbrannte ich gasförmiges Aethylamin mit Sauerstoff und photographierte das Spectrum dieser Flamme. Auf der Spectrumphotographie zeigten sich drei Spectren übereinander gelagert:

1. Das Swan'sche Spectrum verbrennender Kohlenwasserstoffe.
2. Das Ammoniakspectrum (jedoch nur in der Hauptbande β).
3. Das Wasserdampfspectrum.

Das Auftreten irgend einer neuen charakteristischen Bande oder Linie konnte ich nicht wahrnehmen, weshalb ich den Schluss ziehe, dass die mit Sauerstoff verbrennenden Amine keine ihnen eigenthümlichen Emissionsspectren geben, sondern nur als Componenten die drei genannten Spectren aufweisen.

[1]) Auch «Beiblatt zu den Annal. d. Chemie u. Physik», 1886, pag. 171.

Über die Verwendbarkeit der Funkenspectren verschiedener Metalle zur Bestimmung der Wellenlänge im Ultravioletten[1].

Von

J. M. Eder.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 15. December 1892.)

Die Orientierung in den ultravioletten Theilen der Spectren ist mitunter schwierig, wenn man nicht sehr charakteristische Spectren, deren Linien hinlänglich gleichmässig vertheilt sind, als Bezugsspectren wählt und es wurden von verschiedenen Spectroskopikern verschiedene Bezugs- oder Orientierungsspectren verwendet.

Um für meine Untersuchungen über die Wellenlänge der von mir aufgefundenen neuen ultravioletten Linien im Swan'schen Spectrum, sowie im Flammenspectrum des Ammoniak geeignete Bezugsspectren herzustellen, hatte ich auf Grund früherer Versuche eine Legierung von gleichen Theilen Cadmium, Zink und Blei gewählt.

Die Wahl von passenden Lichtquellen, sei es zum Zwecke der Herstellung von Bezugsspectren oder zum Studium verschiedener Absorptionserscheinungen im Ultraviolett, erschien mir für meine weiteren Arbeiten von solcher Wichtigkeit, dass ich diesen Gegenstand neuerdings in den Bereich meiner Versuche zog und eine Anzahl verschiedener, theilweise sehr linienreicher Funkenspectren herstellte, welche ich in ihrem gesammten Verlaufe vom sichtbaren (gelben, grünen, blauen, violetten) Theile bis zum äussersten Ultraviolett mittelst meines Quarzspectrographen[2]) auf Erythrosin-Bromsilbergelatineplatten[3]), deren Empfindlichkeit vom äusseren Ultraviolett bis gegen beiläufig $\lambda = 6000$ reicht, photographierte, um ein Gesammtbild über die Vertheilung der Energie der Spectren zu gewinnen. Es erschien mir ferner die Einbeziehung einiger Spectren von anderen Lichtquellen von Interesse; insbesondere vom Drummond'schen Licht, Magnesium- und elektrischen Bogenlicht, verglichen mit dem Sonnenspectrum, da alle diese Lichtquellen für Spectralversuche häufig in Verwendung kommen und ich deren Brauchbarkeit für meine Versuchsreihen zu erproben hatte.

---

[1]) Mit Bezug auf das Spectrum des Sonnenlichtes, Drummond'schen, Magnesium- und elektrischen Bogenlichtes.

[2]) Vergl. pag. 1 dieser Abhandlungen.

[3]) «Über das spectrale Verhalten der mit Erythrosin sensibilisierten Bromsilbergelatineplatten» (sammt Abbildung der mittelst solcher Platten hergestellten Photographien des Sonnenspectrums» (s. Eder: Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., mathem.-uaturw. Cl., Bd. XCIV [2. Abth.], 1886).

Funkenspectren von Metallen.

Es liegt die Idee nahe, solche Spectren als Vergleichsspectren zu benützen, welche sehr viele dicht nebeneinander befindliche gleichmässig wirkende Linien aufweisen, wie dies zum Beispiel beim Funkenspectrum des Eisens, Nickels, Kobalts und Wolframs der Fall ist. Wenn man nämlich die neu zu untersuchenden Spectren darauf bezieht, so sind bei der Bestimmung der Wellenlängen die Interpolationsfehler sehr gering; andererseits aber ist es ungemein schwer, im prismatischen Spectrum von mässiger Dispersion in den linienreichen Funkenspectren des Eisens, Kobalts, Nickels oder Wolframs oder ähnlichen Metallen charakteristische Linien als Bezugslinien mit Sicherheit zu erkennen. Dies zeigt ein Blick auf die in Taf. II abgebildeten Funkenspectren, welche heliographische Reproductionen einer Anzahl meiner Spectrumphotographien sind[1]).

Viel sicherer als mittelst der obengenannten linienreichen Funkenspectren kann die Orientierung mittelst des Cadmium- und Zinkspectrums erfolgen. Das Gesammtbild dieser oftmals als Bezugsspectren verwendeten Funkenspectren (Quarzspectrograph) zeigt Taf. III, Fig. 1 und 2. Auf unserer Tafel sind die mitunter gebräuchlichen Mascart'schen Nummerierungen der Cadmiumlinien (von Nr. 2 bis Nr. 26) nebst den Wellenlängen der charakteristischen Metallinien eingetragen. Bekanntlich weist das Cadmiumspectrum im Bezirke $\lambda = 4677$ bis 3609 (Nr. 9) und andererseits zwischen Cd Nr. 17 bis 18, sowie zwischen Cd Nr. 18 bis 23 grosse Lücken an charakteristischen Linien auf, während der brechbarste Theil durch die Cd-Linie Nr. 23 bis 26 gut orientiert ist. Es kommen hier insbesondere die folgenden Linien mit den nebenstehenden Wellenlängen[2]) in Betracht:

		λ
Gelb	Cadmiumlinie (Nr. 2) .	$\lambda = 5379$
Grün	Cd (Nr. 3)	5338
	Cd (Nr. 4)	5085
Blau	Cd (Nr. 5)	4799
	Cd (Nr. 6)	4677
	Cd (Nr. 7)	4416
Ultraviolett	Cd (Nr. 9)	3612, 3610
	Cd (Nr. 10)	3467, 3465
	Cd (Nr. 11)	3403
	Cd (Nr. 12)	3260, 3252, 3250

		λ
Ultraviolett	Cd	$\lambda = 3133$
	Cd	2980
	Cd	2880
	Cd	2836
	Cd (Nr. 17)	2748
	Cd (Nr. 18)	2572
	Cd	2469
	Cd (Nr. 23)	2314
	Cd (Nr. 24)	2266 [4])
	Cd	2241 [4])
	Cd (Nr. 25)	2195 [4])
	Cd (Nr. 26[3]) . . .	2147 [4])

---

[1]) Die Belichtungszeit dieser und der folgenden in den Tafeln reproducierten Spectrumphotographien war mittelst meines Quarzspectrographen, eines Ruhmkorff grösster Art (mit drei Leydener-Flaschen) und feinkörnigen Schleussner'schen Erythrosin-Bromsilbergelatineplatten:

für Mg-Funken	$1^1/_2$ Minuten (Spalt = 0·023 *mm*)
Cd, Zn, Pb, Tl . .	20 „
Sn	30 „
Cu, Fe, Ni, Co . .	40 „

[2]) Da es sich hier nur um die Orientierung der zu Messungszwecken besonders dienlichen Metallinien handelt, so sind die Wellenlängen nur mit vier Stellen angeführt, während bei den Messungen im Spectrum von mir stets fünf Stellen in die Rechnung einbezogen wurden.

[3]) Nach Cornu nummeriert.

[4]) Diese vier Hartley'schen Zahlen sind zu hoch, so dass ich sie nicht benützte, sondern die Kayser'schen Zahlen 2144·5, 2194·7 und 2239·9 als Ausgangspunkt wählte.

Diese wichtigsten der Cadmiumlinien sind unter Benützung der beigegebenen Tafel mit Leichtigkeit aufzufinden. Die gelbe Cadmiumlinie (Nr. 2), dann die grünen Linien Cd (Nr 3) und Cd (Nr 4) erscheinen in der Photographie (mittelst des Quarzspectrographen) erst bei reichlicher Exposition; auch Cd (Nr. 5) und Cd (Nr. 6) treten schon nach 20 Minuten langer Belichtung deutlich hervor; aber bei weitem am stärksten erscheinen in der Spectrumphotographie die ultravioletten Cd-Linien von Cd (Nr. 9) angefangen. Einige Lücken in der Vertheilung der ultravioletten Linien des Cadmium-Funkenspectrums füllen die Hauptlinien des Zinkspectrums aus. Dies geht bei der Besichtigung der heliographischen Reproduction der Spectrumphotographie des Zinkfunkens (Taf. III, Fig. 2) unmittelbar hervor und wird aus der nachfolgenden Anführung der charakteristisch hervortretenden Zinklinien näher ersichtlich. Die auch in unserer Figur näher bezeichneten Zn-Hauptlinien sind:

Grün	Zn	$\lambda = 4924$
Blau	Zn	4912
	Zn	4810
	Zn	4721·5
	Zn	4679·6
Ultraviolett	Zn	3344 }
	Zn	3302 }
	Zn	3282 }
	Zn	3076 }
	Zn	3072 }
	Zn	3035
	Zn	2801 }
	Zn	2770 }
	Zn	2755 }
	Zn	2712
	Zn	2684
	Zn	2657
	Zn	2608
	Zn	2557
Ultraviolett	Zn	$\lambda = 2526$ }
	Zn	2521 }
	Zn	2515 }
	Zn	2509 }
	Zn	2501 }
	Zn	2490 }
	Zn	2486 }
	Zn	2442
	Zn	2427
	Zn	2419
	Zn	2349
	Zn	2138
	Zn	2104 }
	Zn	2102 }
	Zn (Nr. 27 [1])	2099 }
	Zn (Nr. 28)	2063 }
	Zn (Nr. 28)	2061 }
	Zn (Nr. 29)	2024

Von diesen Zinklinien sind die grünen und blauen Linien gute Ergänzungen zu den Cadmiumlinien; dasselbe gilt von vielen ultravioletten Zn-Linien.

Trotzdem das Cadmium im Verein mit Zink gut brauchbare Orientierungsspectren liefert, welche namentlich im brechbareren Ende des Ultraviolett hinlänglich zahlreiche charakteristische Linien aufweisen, so erhält man doch erst nach Einbeziehung des Blei-Funkenspectrums eine gut geschlossene Bezugsscala über das ganze Spectrum.

Das Funkenspectrum des Blei enthält gut kenntliche Linien im Gelb, Grün, Blau und Violett, sowie mehrere sehr deutliche Linien im Bezirke von $\lambda = 4386$ bis 3573, welche die grosse Lücke im Linienspectrum des Cadmium-Zink ausfüllen. Die Linien des Bleispectrums erhält man allerdings nur dann genügend rein von Oxydbanden, wenn man die Elektroden einander ziemlich stark nähert und sie vor jedesmaligem Gebrauch vom darauf sich ablagernden Bleioxyd reinigt; auch muss der Inductionsstrom (Ruhmkorff) ein sehr kräftiger und durch mehrere Leydener-Flaschen verstärkt sein. Dann erhält man leicht die Hauptlinien (s. Taf. III, Fig. 3):

[1]) Nummerierung nach Soret.

		λ
Gelb	Pb	λ = 5607
Grün	Pb	5373
Indigo	Pb	4386·6
Ultraviolett	Pb	4245
	Pb	4062
	Pb	4058 [1]
	Pb	3738·9
	Pb	3683
	Pb	3639
	Pb	3573
	Pb	3176
	Pb	3137
	Pb	3043
	Pb	2949
	Pb	2872
	Pb	2832
Ultraviolett	Pb	λ = 2822
	Pb	2801
	Pb	2663
	Pb	2613
	Pb	2576
	Pb	2562
	Pb	2476
	Pb	2446
	Pb	2444
	Pb	2411
	Pb	2402
	Pb	2394
	Pb	2248
	Pb	2204 [2]
	Pb	2170 [2]

Aus den erwähnten Gründen habe ich mich zur Herstellung eines Vergleichsspectrums mittelst einer Legierung von gleichen Theilen Cadmium, Zink und Blei entschieden, welches ein sehr gut definiertes Band der günstig vertheilten Hauptlinien dieser Metalle gibt. Auf dieses Vergleichsspectrum habe ich das von mir untersuchte (a. a. O.) Kohlenwasserstoff-Spectrum, sowie die später zu beschreibenden Absorptionsspectren von Glas, das Emissionsspectrum des brennenden Ammoniakgases u. s. w. (vergl. Taf. III, Fig. 1) bezogen.

In manchen Fällen kann es erwünscht sein, das Funkenspectrum des Magnesiums zu Vergleichen heranzuziehen, worauf insbesondere Cornu aufmerksam machte[3]). Der Magnesiumfunke ist zwar arm an stark brechbaren ultravioletten Strahlen, welche < 2776 sind, aber eine Anzahl von grünen, blauen und ultravioletten Linien (darunter mehrere Triplets) sind höchst charakteristisch (s. Taf. III, Fig. 4).

		λ	
Grün	Magnesium	λ = 5183	Fraunhofer'sche Linie b_1, b_2, b_3
	Mg	5172	
	Mg	5167	
Blau	Mg	5704	
Indigo	Mg	4481	
Ultraviolett	Mg	3838	
	Mg	3832	
	Mg	3829	
	Mg	3336	
	Mg	3332	
	Mg	3329	
	Mg	3096	
	Mg	3092	
	Mg	3090	
Ultraviolett	Mg	λ = 2936	
	Mg	2928	
	Mg	2914	
	Mg	2851	
	Mg	2802	
	Mg	2797	
	Mg	2794	
	Mg	2790	
	Mg	2782	
	Mg	2780	
	Mg	2779	
	Mg	2777	
	Mg	2776	

[1]) Von diesen benachbarten Bleilinien ist Pb, λ=4058, die entschieden stärkere und charakteristische. In Watts: «Index of Spectra» (1889) ist irrthümlich diese Bleilinie als die schwächere bezeichnet.

[2]) Richtiger: λ = 2204·3 und 2170·0 unter Benützung der Kayser'schen Zahlen.

[3]) Cornu gibt eine genaue Beschreibung der Verwendung des Mg-Funkenspectrums zum Studium von Spectral- und Interferenz-Erscheinungen (Eder: «Jahrbuch für Photographie und Reproductionstechnik», 1891, pag. 183).

Von diesen Magnesiumlinien erscheinen die grünen und blauen Linien im Quarzspectrographen erst nach längerer Belichtung. Die indigoblaue Mg-Linie 4481, sowie die Linie $\lambda = 2851$, welche eine der intensivsten Linien des Magnesium-Funkenspectrums ist und die Quadruple-Liniengruppe von $\lambda = 2802$ bis 2790 sind wegen ihrer auffallenden Anordnung[1]) zur Orientierung sehr gut geeignet (vergl. Taf. II, Fig. 4); bemerkenswert ist die Eigenschaft der Mg-Linie 2851, dass sie ausserordentlich leicht eine sogenannte «Umkehrung» erleidet, wodurch die helle, von dunklen Rändern umgebene Linie den fälschlichen Eindruck einer Doppellinie macht; ähnliches tritt bei der Quadruple-Bande bei $\lambda = 2802$ ein (s. Fussnote). Es ist ferner bemerkenswert, dass die photographische Wirksamkeit des Magnesiumfunkens ausserordentlich gross ist. Während zum Beispiel bei meinem Quarzspectrographen (s. pag. 33) das Cadmium- und Zinkspectrum im Durchschnitte eine Belichtungszeit von 10 bis 20 Minuten benöthigen, so braucht das Mg-Funkenspectrum blos eine Belichtungszeit von 15 Secunden, um die Hauptlinien (Mg 2936 und 2928, sowie Mg 2802 bis 2790) zu geben; bei 1 bis 3 Minuten andauernder Belichtung treten schon zahlreiche starke Linien auf und einige der Hauptlinien beginnen schon sich stark zu verbreitern und erscheinen theilweise umgekehrt.

Mitunter verwende ich auch mit Erfolg zum Vergleiche das Thallium-Funkenspectrum, welches in Tafel II, Fig. 5, abgebildet ist und durch die regelmässige Vertheilung einer grossen Anzahl von Hauptlinien über das Ultraviolett auffällt. Es kommen für Messungszwecke folgende Thallium-Linien in Betracht:

		λ			λ
Grün	Thallium	= 5350	Grün	Tl	= 2825
	Tl	4110		Tl	2767
	Tl	3932·7		Tl	2708·6
	Tl	3776		Tl	2580
	Tl	{ 3529		Tl	2530
	Tl	{ 3519		Tl	2452
	Tl	3381		Tl	2380
	Tl	3229		Tl	2299
	Tl	3091			
	Tl	{ 2920·8			
	Tl	{ 2918			

Im Thallium-Spectrum fehlen charakteristische Linien im äussersten Ultraviolett, beziehungsweise sind die Tl-Linien von $\lambda < 2299$ sehr lichtarm, so dass man zu Ausmessungen im brechbarsten Ultraviolett des Cd-Zn-Spectrums oder dergleichen nicht entbehren kann.

Von mancher Seite wurde das Zinn-Funkenspectrum als Bezugsspectrum empfohlen; Taf. III, Fig. 6, zeigt die Vertheilung und relative Energie der Zinnlinien. Ich ziehe jedoch die Cadmium-Zink-Blei-Legierung vor. Sobald man jedoch das Funkenspectrum des Zinn in der genannten Richtung verwenden will, kommen folgende Linien in Betracht:

		λ			λ
Gelb {	Zinn	= 5589	Blau	Sn	= 5524
Gelb {	Sn	5563	Ultraviolett {	Sn	5745
Blau	Sn	5584	Ultraviolett {	Sn	3352

---

[1]) Diese Quadruple-Bande des Magnesium-Funkenspectrums ist äusserst intensiv. Es ist bemerkenswert, dass zwei der hellsten Linien dieser Bande sehr leicht eine Umkehrung erleiden und deshalb verdoppelt erscheinen, indem die scharfe, helle, umgekehrte Linie von dunklen Rändern umgeben ist; Cornu wies zuerst auf diese Erscheinung hin («Archive des sciences phys. et natur»., 15. Juli 1879).

Ultraviolett	Sn	$\lambda = 3330$
	Sn	3283
	Sn	3262
	Sn	3174
	Sn	3033
	Sn	3008
	Sn	3862
	Sn	2848
	Sn	2839
	Sn	2181·3
	Sn	2706
	Sn	2660
	Sn	2658
	Sn	2645
	Sn	2643

Ultraviolett	Sn	$\lambda = 2632$
	Sn	2571
	Sn	2595
	Sn	2429
	Sn	2422
	Sn	2355
	Sn	2317
	Sn	2288
	Sn	2270
	Sn	2269
	Sn	2267
	Sn	2247
	Sn	2210
	Sn	2194
	Sn	2151

Man wird diese Linien nach der beigegebenen heliographischen Abbildung leicht auffinden. Wie man sieht, ist das Zinnspectrum von $\lambda < 3352$ reich an wohldefinierten Linien, welche aber weniger charakteristisch sind, als die Linien des Cd-Zn-Pb-Spectrums, welches letztere übrigens auch eine kürzere Belichtungszeit erfordert.

Das Funkenspectrum des Kupfers entsteht schwieriger als die vorhin genannten; es ist noch lichtärmer als das Zinnspectrum, seine Hauptlinien treten weniger deutlich hervor und es mischen sich mehr Luftlinien bei, namentlich im weniger brechbaren Theile desselben. Erst von $\lambda < 3307$ fallen reichlichere Hauptlinien des Cu auf. Namentlich sind dies:

Kupfer	$\lambda = 3307$	Cu	$\lambda = 2545$
Cu	3273	Cu	2370
Cu	3247	Cu	2295
Cu	2769	Cu	2277
Cu	2599·7	Cu	2136
Cu	2958	Cu	2103

Diese Linien sind auch in Taf. II, Fig. 7, näher bezeichnet; übrigens finden sich zahlreiche Linien vom brechbaren Ultraviolett im Kupfer-Funkenspectrum vor.

Es sind überdies noch die sehr linienreichen Funkenspectren des Eisens, Nickels und Kobalts in den Bereich dieser Versuche gezogen worden und zwar insbesondere mit Rücksicht auf ihre Verwendbarkeit als Lichtquellen zum Studium der Absorptionserscheinungen im Ultraviolett. Wie aus dem in Taf. III, Fig. 8, publicierten Funkenspectrum des Eisens hervorgeht, weist der Bezirk von beiläufig $\lambda = 3500$ bis $\lambda = 3000$ eine merklich geringere Energie auf, als die Region von Violett bis beiläufig $\lambda = 3500$; erst bei längerer Belichtung kommt das Spectrumbild an diesem Bezirke sehr linienreich zum Vorschein.

Die Region von circa $\lambda = 3000$ bis 2300 wirkt sehr kräftig auf Bromsilbergelatine und zeigt ein eng geschlossenes Linienband. Da aber die Energie des Eisenspectrums in der Gegend von $\lambda = 2300$ ziemlich rasch sinkt und die Linien von kleinerer Wellenlänge nur schwach wirksam sind, so erscheint das Eisenspectrum zum Studium von Absorptionserscheinungen, speciell in der Gegend von $\lambda < 2330$, nicht gut verwendbar.

Das Funkenspectrum des Nickels und Kobalts verhält sich ähnlich (Taf. III, Fig. 9 und 10); bei diesen beiden Metallen reicht das linienreiche Band weiter gegen das brechbarere Ende und insbesondere das Nickelspectrum büsst seine Lichtkraft erst bei $\lambda < 2150$ ein. Deshalb empfehle ich das leicht zu beschaffende «Reinnickel» des Handels (in Drahtform) als Lichtquelle (im Funkenspectrum) zum Studium von Absorptionserscheinungen mehr als das Eisen.

Es wäre noch zu erwähnen, dass das Funkenspectrum des Wolframs, ähnlich demjenigen des Fe, Ni und Co, sehr linienreich ist; es besitzt jedoch keine wesentlich günstigere Vertheilung der Linien; es reicht nicht weiter ins Ultraviolett als die Spectren von Ni und Co; dagegen hat das Wolfram den Nachtheil, dass die Energie seines Funkenspectrums geringer als diejenige von Fe, Ni oder Co ist und man beiläufig $1^1/_2$ mal länger als bei diesen Metallen belichten muss.

Mitunter benützte ich auch mit Erfolg das Funkenspectrum des Aluminiums oder Silbers als Leitspectren; sie sind in Taf. III, Fig. 12 und 13, abgebildet[1]).

Es erschien mir ferner von Wichtigkeit, auch die ultravioletten Spectren

1. des brennenden Magnesiums
2. des Drummond'schen Magnesia- und Zirkon-Lichtes
3. des elektrischen Bogenlichtes

in diese vergleichenden Versuche einzubeziehen, da sie als Lichtquellen von grosser Helligkeit im Ultraviolett bekannt sind; der Vergleich der Spectrumphotographien dieser drei Lichtquellen untereinander ist durch Taf. III, Fig. 6 bis 10, ermöglicht; zur besseren Übersichtlichkeit ist das Spectrum des Sonnenlichtes (mittelst desselben Quarzspectrographen hergestellt) auf derselben Tafel abgebildet. Die Spectren dieser Tafel wurden mittelst gewöhnlicher Bromsilbergelatineplatten (ohne Farbensensibilisator) photographiert, ausgenommen die Spectren 9 und 10, welche mit Erythrosinplatten hergestellt wurden, wie man an dem Sensibilisierungsmaximum am weniger brechbaren Ende wahrnimmt.

Das abgebildete Sonnenspectrum (Taf. III, Fig. 2) wurde an einem klaren Septembertage photographiert und es erstreckte sich bis zur Fraunhofer'schen Linie *S* (nach Cornu). Für die Zwecke einer anderen Versuchsreihe photographierte ich auf derselben Platte das Absorptionsspectrum einer 1 *cm* dicken planparallelen Crownglasplatte (s. Taf. III, Fig. 4), sowie das Absorptionsspectrum einer ebenso dicken Uranglasplatte (Taf. III, Fig. 5), wobei natürlich gleiche Belichtungszeiten (2 Secunden) eingehalten worden waren. Für derartige Absorptionsversuche im Ultraviolett ist das Sonnenlicht gut verwendbar; zum Studium der Absorptionserscheinungen gewisser anderer Glassorten (zum Beispiel der Phosphatgläser) ist jedoch das Sonnenlicht zu arm an stärker brechbaren ultravioletten Strahlen.

Das Spectrum des brennenden Magnesiums erstreckt sich bei genügender Belichtung weiter gegen das brechbarere Ende des Ultraviolett, als dies bei dem Sonnenspectrum, wie es bei unseren Witterungsverhältnissen für gewöhnlich zur Verfügung steht, der Fall ist. Das in Taf. III, Fig. 6, abgebildete Spectrum des brennenden Magnesiums wurde durch eine 3 Minuten andauernde Belichtung (Spaltöffnung 0·02 *mm*) erhalten und zum Vergleiche ein schwaches Funkenspectrum von Magnesiummetall daneben photographiert (Taf. III, Fig. 7). Es geht daraus hervor, dass das brennende Magnesium ein nahezu continuierliches Spectrum liefert, welches sich mit genügender Helligkeit über den ganzen sichtbaren und ultravioletten Theil bis gegen $\lambda = 2800$ erstreckt. Die Helligkeit der brechbareren Strahlen ist von da ab nur mehr eine geringe und das Spectrumband dehnt sich selbst bei langer Belichtung nur verhältnismässig langsam gegen das brechbarere Ende des Spectrums aus. Dieses Spectrum weist einige charakteristische Magne-

[1]) Das Aluminiumspectrum in Taf. III, Fig. 12, ist mit Eisenlinien verunreinigt.

siumoxyd-Banden, sowie Mg-Metallinien auf, welche besonders Liveing und Dewar [1]) genau beschrieben haben. Es fällt insbesondere die stark umgekehrte und verbreiterte Magnesiumlinie $\lambda = 2851$ auf; dieselbe Linie tritt im Magnesium-Funkenspectrum auf und ist in Taf. III, Fig. 8, deutlich sichtbar. Ferner sind die Mg-Triplets im Grün ($\lambda = 5183$, 5172 und 5167), sowie die bei der Verbrennung von Magnesium in der Luft charakteristisch auftretenden Magnesiumoxyd-Banden deutlich kennbar [2]), welchen (nach Liveing und Dewar) die Wellenlänge

Magnesiumoxyd . . .	$\lambda = 5000$	MgO	$\lambda = 4957$
MgO	4990	MgO	4948
MgO	4980	MgO	4974
MgO	4969		

zukommt. Das brennende Magnesium wäre vermöge seines ziemlich continuierlichen Emissionsspectrums als Lichtquelle für Absorptionsversuche für den Spectralbezirk $\lambda > 2800$ brauchbar, wenn nicht der Magnesiumoxyd-Rauch äusserst belästigend und das unruhige Brennen der Magnesiumflamme höchst störend wäre; für Untersuchungen im stärker brechbaren Ultraviolett lässt uns das brennende Magnesium im Stiche.

Es erschien mir der Vergleich bezüglich der Helligkeitsvertheilung dieser Lichtquelle mit dem Spectrum des Magnesia-Knallgas-Lichtes von Interesse und ich brachte einen Stift von Magnesia zu diesem Zwecke mittelst eines Linnemann'schen Gebläses (Sauerstoff-Leuchtgas [3]) zur Weissgluht; dieses Licht hatte ungefähr die gleiche optische Helligkeit wie das brennende Magnesiumband (nämlich circa 80 Kerzen). Bei der photographischen Aufnahme im Quarzspectrographen erwies sich die relative Helligkeit des Magnesia-Knallgas-Lichtes im Roth, Gelb, Grün und Blau grösser als beim Magnesiumlicht; dagegen nahm die Intensität der stärker brechbaren Strahlen beim Drummond'schen Lichte rascher ab; es musste die Belichtungszeit ungefähr viermal länger genommen werden, um ein deutliches ultraviolettes Spectrum in den brechbareren Spectralbezirken zu erhalten und trotz dieser längeren Belichtungszeit erstreckt sich die Wirkung weniger weit ins Ultraviolett. Ähnlich verhält sich Drummond'sches Kalk- und Zirkon-Licht. Alle diese mittelst des Sauerstoff-Leuchtgasgebläses hergestellten Lichtquellen geben nur im Anfange des Ultraviolett, das ist beiläufig bis $\lambda = 3500$ eine genügende Helligkeit, wie auch Taf. III, Fig. 8, deutlich zeigt. Die Spectren des Drummond'schen Lichtes sind continuierlich, mit Ausnahme der auftretenden Hauptlinien des brennenden Oxyhydrogen-Gases (s. Band $H_2O\alpha$ und $H_2O\beta$ in Taf. III, Fig. 8), sowie des Swan'schen Spectrums (insbesondere C-Bande ζ). Ferner bemerkt man einzelne Metallinien, zum Beispiel die Magnesiumlinie $\lambda = 2851$. Da die Intensität des Magnesia-Knallgas-Lichtes bei der angegebenen Belichtungszeit nur bis ungefähr $\lambda = 3600$ eine namhafte ist und von $\lambda = 3600$ bis circa 3500 schon merklich sinkt, so folgt, dass man diese Lichtquelle zu Absorptionsversuchen nur mit Erfolg für das sichtbare Spectrum bis zur Region $\lambda = 3500$ benützen kann; verlängert man die Belichtungszeit, um weitere Bezirke des Ultraviolett photographieren zu können, so entstehen in den weniger brechbaren Spectralbezirken häufig störende Erscheinungen von Über-Exposition (Lichthöfe, Irradiationserscheinungen, Solarisation).

Das Sonnenlicht ist für Absorptionsversuche im Ultraviolett günstiger als das Drummond'sche Licht, da man bei einigermassen klarem Sonnenschein darauf rechnen kann, das Sonnenspectrum mittelst des Quarzspectrographen bis zur Fraunhofer'schen Linie S_2 (nach Cornu $\lambda = 3099{\cdot}5$) photographieren zu können. Freilich ist die Helligkeit des Sonnenspectrums in der Regel von R ab nicht mehr bedeutend.

---

[1]) Kayser: «Spectralanalyse», 1883, pag. 293.

[2]) An den Originalnegativen sind die Banden sehr deutlich; die Heliogravure gibt sie verschwommen.

[3]) Das Leuchtgas strömte unter dem gewöhnlichen Drucke aus einer Gasleitung aus, der Sauerstoff mit einem Drucke von 15 bis 20 *cm* Quecksilber.

Genügend weit in die stärker brechbaren Regionen des Ultraviolett erstreckt sich weder das Sonnenlicht, noch das Magnesium- oder Drummond'sche Licht, sondern man muss zum Funkenspectrum (mittelst eines kräftigen Ruhmkorff'schen Inductors) greifen. Nicht so weit wie die letztere, aber weiter als die erstgenannten Lichtquellen, reicht das Licht des elektrischen Flammenbogens.

Es stand mir eine Bogenlampe von ungefähr 3000 Kerzen Helligkeit zur Verfügung (Gleichstrom) welche von der Firma Siemens für meine Versuche freundlichst beigestellt worden war. Das Bogenlicht wurde unter den günstigsten Helligkeitsverhältnissen zum Einfallen in den Spectrographen gebracht und ein Spectrumbild mit einer Belichtungszeit von 5 Secunden bis 3 Minuten hergestellt. Die kürzere Belichtung ergab eine gut definierte Photographie der linienreichen Kohlenbanden (Cyangruppe Nr. 2, 3 und 4 nach Kayser); bei der verlängerten Belichtung tritt das continuierliche Spectrum bis gegen $\lambda = 2530$ und darüber immer kräftiger hervor, indem zugleich viele Eisen-, Calciumlinien etc. sichtbar werden, wovon einige in Taf. III, Fig. 10, angezeigt sind. Die auffallendsten (eventuell zur Orientierung im Spectrum) Liniengruppen im Spectrum des elektrischen Kohlen-Flammenbogens sind:

Cyan-Bande Nr. 2 (nach Kayser) . . mit $\lambda = 4216$
4197
4181
4167
Cyan-Bande Nr. 3 (nach Kayser) . . mit $\lambda = 3884$
3872
3862
3855
Cyan-Bande Nr. 4 (nach Kayser) . . mit $\lambda = 3590$
3586
3584

dann zahlreiche Eisenlinien, darunter $Fe = \lambda = 3099$ (zusammenfallend mit der Fraunhofer'schen Linie S_2 im Sonnenspectrum [Cornu]), ferner die intensive Liniengruppe

Fe . . $\lambda = 2527$
2508
2478.

Von da ab wird das Spectrum des elektrischen Bogenlichtes lichtarm.

Schliesslich erwähne ich noch das Funkenspectrum der Kohle, welches ich durch Überspringen des Inductionsfunkens zwischen Kohlenstiften (geschnitten aus derselben Kohle, mit welcher die Siemens'sche Bogenlampe versehen ist) herstellte. Hiebei ergaben sich die charakteristischen Kohlenlinien, welche in ihrer Gesammtheit mit dem Bogenspectrum nicht übereinstimmen, worauf insbesondere Hartley und Adeney [1]) aufmerksam machen. Es kommen hier vor Allem die Bande

Cyan Nr. 2 . . . . λ siehe oben
„ „ 3 . . . . „ „ „
„ „ 4 . . . . „ „ „

in Betracht, ferner

[1]) Philosoph. Transact. Royal Soc., 1884.

C	$\lambda =$ 3837 } 3836 }
C	2511
C	2508
C	2478
C	2297

welche Hartley und Adeney (a. a. O.) gelegentlich der Beschreibung des Funkenspectrums vom Graphit als charakteristische Linien des Kohlen-Funkenspectrums angaben[1]).

Diese wichtigeren Kohlenlinien des Funkenspectrums sind in Taf. III, Fig. 11, photographisch reproduciert und die Wellenlängen eingeschrieben; daneben finden sich noch Luft-, Eisen- und Calciumlinien etc., welche letztere auf Verunreinigungen der Kohle zurückzuführen sind.

Das Funkenspectrum der Kohle kann zufolge seiner ungünstigeren Vertheilung seiner Hauptlinien das von mir verwendete Vergleichsspectrum einer Legierung von Cadmium + Zink + Blei nicht ersetzen, weshalb ich das letztere, unter eventueller Mitbenützung anderer oben genannter Metallspectren als Vergleichsspectrum für meine weiteren Studien im Ultraviolett verwendete und theilweise das elektrische Bogenlicht (besonders für Absorptionsversuche in den angegebenen Spectralbezirken) gleichfalls zur Anwendung brachte.

Bei der Bestimmung der Wellenlänge einer unbekannten Linie, welche zwischen zwei Linien von bekannter Wellenlänge liegt, benützte ich die einfache Interpolation, sobald die Differenz der Wellenlängen der Leitlinien zum Beispiel nicht grösser als 30 bis 35 Angström'sche Einheiten war. Wenn dagegen der Intervall grösser war, so rechnete ich nach der folgenden Formel (aus Watts: «Index of Spectra», S. X):

$$\lambda_2^2 = \frac{n_3 - n_1}{\frac{n_2 - n_1}{\lambda_3^2} + \frac{n_3 - n_2}{\lambda_1^2}}$$

wobei n_3 und n_1 die Scalentheile des Messapparates der zwei bekannten Linien, λ_3 und λ_1 die denselben entsprechenden Wellenlängen sind; n_2 ist die Scalenziffer für die zu messende Linie und λ_2 die zu ermittelnde dazugehörige Wellenlänge.

Zur Ausmessung der Wellenlänge der Linien meiner Spectrumphotographien benützte ich bis jetzt die Hartley-Adeney'schen Funkenspectren; die genannten Spectroskopiker studierten eine grosse Anzahl von Funkenspectren sehr genau und gaben sehr genaue Tabellen der Wellenlänge zahlreicher Elemente. Die Hartley-Adeney'schen Zahlen lehnen sich an die Angström-Cornu'schen Normalzahlen an, sowie an die Thalén'schen Wellenlängen.

In Anbetracht des Umstandes, dass in neuerer Zeit Kayser und Runge, Ames u. A. aber die Rowland'schen Normalzahlen der Wellenlängen ihren spectroskopischen Beobachtungen zu Grunde legten, erscheint der Vergleich beider Zahlenwerte erwünscht. Die nachstehende, von Watts mitgetheilte Tabelle[2]) ermöglicht diese Umrechnung für Linien von $\lambda > 2160$ mit genügender Genauigkeit.

---

[1]) Die Wellenlängen dieser Kohlenlinien sind in Hartley-Adeney's Abhandlung enthalten.

[2]) Report, Brit. Assoc. Advancement of Science, London 1887, pag. 224.

Correctionstabelle zur Reduction der Angström'schen und Cornu'schen Zahlen auf Rowland'sche Wellenlängen.

Wellenlänge	Correction	Wellenlänge	Correction	Wellenlänge	Correction
Über 6930	+ 1·7	Von λ = 5540—5485	+ 1·0	Von λ = 4040—3850	+ 0·7
Von λ = 6930—6880	+ 1·6	5485—5435	+ 0·9	3850—3730	+ 0·6
6880—6820	+ 1·5	5435—5350	+ 1·0	3730—3720	+ 0·5
6820—6800	+ 1·4	5350—5335	+ 0·9	3720—3660	+ 0·4
6800—6765	+ 1·3	5335—5325	+ 1·0	3660—3640	+ 0·8
6765—6720	+ 1·2	5325—5300	+ 0·9	3640—3620	+ 0·6
6720—6660	+ 1·1	5300—5175	+ 1·0	3620—3530	+ 0·8
6660—6230	+ 1·0	5175—5150	+ 0·9	3530—3480	+ 0·6
6230—6180	+ 0·9	5150—4990	+ 0·8	3480—3470	+ 0·8
6180—6155	+ 1·0	4990—4970	+ 0·9	3470—3440	+ 0·7
6155—6135	+ 1·1	4970—4935	+ 1·0	3440—3420	+ 1·1
6135—6130	+ 1·0	4935—4865	+ 0·9	3420—3360	+ 1·7
6130—6110	+ 0·9	4865—4740	+ 1·0	3360—3330	+ 2·5
6110—6080	+ 1·0	4740—4650	+ 0·9	3330—3290	+ 2·2
6080—6060	+ 1·1	4650—4470	+ 0·8	3290—3280	+ 2·0
6060—6000	+ 1·0	4470—4380	+ 0·7	3280—3240	+ 1·9
6000—5970	+ 0·9	4380—4170	+ 0·6	3240—3220	+ 1·8
5970—5810	+ 1·0	4170—4130	+ 0·7	3220—3190	+ 0·8
5810—5780	+ 0·9	4130—4100	+ 0·8	3190—3160	+ 0·4
5780—5610	+ 1·0	4100—4060	+ 0·7		
5610—5540	+ 1·1	4060—4040	+ 0·6		

Die Hartley-Adeney'schen Zahlen lassen sich, soweit es sich um Wellenlängen > 3700 handelt, mit genügender Genauigkeit mittelst der obenstehenden Correctionstabelle auf die Wellenlängen des Rowland'schen Normalspectrums, beziehungsweise auf Kayser-Runge'sche Zahlen umrechnen.

Für Wellenlängen < 3700 kann zur approximativen Correction der Hartley-Adeney'schen Zahlen folgende Tabelle, welche gewissermassen eine Ergänzung obiger Tabelle ist, dienen:

Correctionstabelle zur Reduction der Hartley-Adeney'schen Zahlen auf Rowland'sche Wellenlängen.

Wellenlänge	Correction	Wellenlänge	Correction	Wellenlänge	Correction
Von λ = 4100—4050	+ 0·7	Von λ = 3350—3200	+ 0·8	Von λ = 2550—2500	+ 1·0
4050—4000	+ 0·6	3200—3120	+ 0·8	2500—2450	+ 0·8
4000—3800	+ 0·5	3120—3080	+ 0·9	2450—2420	+ 0·5
3800—3700	+ 0·4	3080—3040	+ 0·6	2420—2390	+ 0·1
3700—3660	+ 0·5	3040—3020	+ 0·8	2390—2370	— 0·1
3660—3640	+ 0·8	3020—2900	+ 0·9	2370—2300	— 0·4
3640—3600	+ 1·1	2900—2850	+ 0·8	2300—2260	— 0·7
3600—3500	+ 0·8	2850—2800	+ 0·8	2260—2240	— 1·4
3500—3450	+ 0·9	2800—2750	+ 1·0	2240—2100	— 1·7
3450—3400	+ 0·8	2750—2600	+ 0·9	2220—2140	— 2·0
3400—3350	+ 0·9	2600—2550	+ 0·8		

Genauer ergeben sich die Beziehungen zwischen den Hartley-Adeney'schen Wellenlängen meiner Bezugsspectren und den Kayser-Runge'schen Wellenlängen (welche sich sehr den Rowland'schen Zahlen nähern) aus folgender Tabelle; diese Tabelle repräsentiert die Hauptlinien des von mir für gewöhnlich benützten Funkenspectrums der Legierung von Cadmium + Zink + Blei sammt den dazugehörigen Wellenlängen einerseits nach Hartley-Adeney (zum Theile im Anschluss an Angström

und Cornu), andererseits nach Kayser und Runge sowie nach eigenen Messungen (im Anschlusse an Rowland). In diese Tabelle sind ausser Cd + Zn + Pb noch die Funkenspectren des Magnesiums, Thalliums und einige wichtige Aluminiumlinien aufgenommen, denn diese Metallinien leisten im Bezugsspectrum mitunter sehr gute Dienste. Gleichzeitig ist die Intensität der Linien der Funkenspectren angegeben, indem (analog dem Watt'schen «Index of Spectra») die Intensität der hellsten Linie $i = 10$, der schwächsten $i = 1$ gesetzt wurde.

i	Metall	Wellenlängen		*i*	Metall	Wellenlängen	
		Hartley und Adeney [1]	bezogen auf Rowland			Hartley und Adeney	bezogen auf Rowland
2	Cd	4115·2	4114·7 *	7	Cd	3129·6	3129·4 *
8	Tl	4109·4	—	10	Mg	3096·2	3097·1 [2]
3	Pb	4061·5	4062·3 *	7	Cd	3095·0	3095·6 *
6	Pb	4057·6	4058·0 *	9	Al	3091·9	3092·8 [2]
8	Luft	3994·5	3995·23 *	8	Mg	3091·9	3093·1 [2]
8	Tl	3932·7	—	10	Tl	3091·0	3091·9 *
4	Mg	3896·0	3895·8 *	8	Mg	3089·9	3091·2 [2]
4	Mg	3892·0	3892·1 *	9	Al	3081·2	3082·3 [2]
4	Mg	3855·5	3854·3 *	7	Cd	3084·3	3085·0 *
4	Mg	3849·5	3849·0 *	8	Zn	3075·6	3076·0 [2]
7	Pb	3842·9	3842·3 *	8	Zn	3071·7	3072·2 [2]
10	Mg	3837·9	3838·4 [2]	8	Zn	3035·4	3035·9 [2]
10	Mg	3832·1	3832·5 [2]	4	Zn	3017·5	3018·5 [2]
10	Mg	3829·0	3829·9 [2]	7	Cd	2979·9	2980·8 *
10	Tl	3775·6	3775·9 [2]	6	Cd	2947·1	2948·2 *
7	Pb	3738·9	3740·1 *	10	Mg	2935·8	2936·6 [2]
6	Al	3713·4	3713·8 *	10	Mg	2928·1	2928·7 [2]
5	Al	3701·6	3702·7 *	8	Tl	2920·8	2921·6 [2]
8	Pb	3682·9	3683·5 *	10	Tl	2917·7	2918·4 [2]
7	Pb	3639·2	3639·7 *	8	Mg	2913·8	2915·6 [2]
8	Cd	3611·8	3613·0 *	7	Cd	2880·1	2880·9 *
8	Cd	3609·6	3610·7 *	7	Pb	2872·2	2873·4 *
10	Tl	3528·8	3529·6 [2]	10	Mg	2851·2	2852·2 [2]
10	Tl	3518·6	3519·4 [2]	7	Cd	2836·1	2837·0 [2]
8	Tl	3455·8	3456·5	7	Pb	2832·2	2833·3 *
10	Cd	3466·8	3467·8 *	7	Pb	2822·1	2823·3 *
10	Cd	3465·4	3466·4 *	10	Mg	2801·6	2802·8 [2]
10	Cd	3402·9	3403·8 *	10	Pb	2801·4	2802·1 [2]
8	Tl	3381·3	—	8	Zn	2800·1	2801·2 *
10	Zn	3344·4	3345·6 [2]	9	Mg	2796·9	2798·1 [2]
6	Mg	3336·2	3336·8 [2]	6	Mg	2781·8	2783·1 [2]
6	Mg	3331·8	3332·3 [2]	8	Zn	2770·2	2771·0 *
6	Mg	3329·1	3330·1 [2]	10	Tl	2767·1	2768·1 [2]
10	Zn	3301·7	3302·7 [2]	9	Cd	2747·7	2748·7 *
8	Zn	3281·7	3282·4 [2]	2	Zn	2711·5	2712·6 *
7	Cd	3260·2	3261·2 *	4	Tl	2709·4	2710·7 [2]
5	Cd	3251·8	3252·7 *	8	Tl	2708·6	2709·3 [2]
7	Cd	3249·5	3250·4 *	7	Pb	2662·5	2663·3 *
8	Tl	3229·0	3229·9 [2]	9	Al	2630·6	2631·8 *
9	Pb	3176·0	3176·6 *	10	Pb	2613·4	2613·8 *
8	Tl	3162·6	—	4	Zn	2607·6	2608·7 *
7	Cd	3172·9	3173·7 *	8	Tl	2579·7	2580·2 [2]
7	Cd	3161·0	3161·9 *	7	Pb	2576·4	2577·4 *
7	Pb	3137·3	3137·9 *	7	Al	2574·1	2575·4 [2]
5	Cd	3132·5	3133·4 *				2575·2 [2]

[1]) Funkenspectrum.

[2]) Bogenspectrum nach Kayser und Runge.

*) Die mit * bezeichneten Linien wurden später von Eder und Valenta mit einem grossen Rowland'schen Concavgitter genau bestimmt und nachträglich in die Tabelle eingesetzt; sie besitzen denselben Wert, wie die Zahlen von Kayser und Runge.

i	Metall	Wellenlängen	
		Hartley und Adeney	bezogen auf Rowland
9	Cd	2572·2	2573·2 *
7	Al	2566·9	2568·0 [2]
10	Zn	2557·3	2558·2 *
8	Tl	2530·0	2530·89 *
8	Zn	2526·3	2527·3 *
8	Zn	2521·3	2522·3 *
8	Zn	2514·7	2515·9 *
8	Zn	2508·7	2509·2 *
10	Zn	2501·5	2502·2 *
8	Zn	2490·4 (?)	2492·2 2491·4 * 2491·9
8	Zn	2485·9	2487·1 *
2	Zn	2479·2	2480·3 * 2478·6 *
6	Cd	2469·3	2469·9 *
6	Tl	2468·9	2469·3 *
8	Tl	2451·9	2452·0 *
4	Zn	2441·6	2442·2 *
8	Zn	2427·0	2427·2 *
8	Zn	2418·8	2419·0 *
2	Pb	2411·2	2411·8 *
3	Pb	2402·1	2402·1 *
7	Pb	2393·7	2393·9 [2]
7	Al	2373·3	2373·5 2373·2 [2]
7	Al	2372·0	2372·2 [2]
8	Tl	2380·0	2379·7 *
6	Tl	2364·8 [1]	2362·3 *
7	Al	2364·5	2363·8 [2] 2363·5 [2]
4	Zn	2348·7	2346·8 *
7	Cd	2329·5	2329·4 *
9	Cd	2321·6	2321·2 *
10	Cd	2313·6	2312·9 *
8	Cd	2307·0	2306·7 *
8	Tl	2299·3	2298·3 *
9	Cd	2288·9	2288·1 *
9	Cd	2265·9	2265·0 *
7	Pb	2247·9	2246·9 [2]
6	Cd	2241·4	2239·9 *
7	Pb	2204·3	2203·7 *
8	Cd	2196·4	2194·7 *
3	Pb	2170·0	2170·0 *
8	Cd	2146·8	2144·4 *
4	Zn	2138·5	2138·7 *
2	Cd	2111·5	2111·7 *
2	Zn	2104·2	2104·5 *
2	Zn	2102·0	2102·4 *
1	Zn	2099·0	2100·1 *
2	Zn	2095·9	2097·0 *
2	Zn	2085·4	2087·1 *
1	Zn	2062·8	2064·3 *
1	Zn	2060·8	2062·1 *
1	Zn	2024·2	2025·5 *

[1] Von da ab sind die Hartley-Adeney'schen Zahlen zu ungenau und es sollen deshalb nur Kayser-Runge'sche Zahlenwerte benützt werden.

[2] Bogenspectrum nach Kayser und Runge.

*) Die mit * bezeichneten Linien wurden später von Eder und Valenta mit einem grossen Rowland'schen Concavgitter genau bestimmt und nachträglich in die Tabelle eingesetzt; sie besitzen denselben Wert, wie die Zahlen von Kayser und Runge.

Über einige neue Linien im brechbarsten, ultravioletten Emissionsspectrum des metallischen Calciums.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

Anzeiger der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, 1893, Nr. 25.

Das wirkliche Mitglied Herr Hofrath Prof. V. v. Lang überreicht folgende Mittheilung der Herren Director Dr. J. M. Eder und E. Valenta in Wien über einige neue Linien im brechbarsten, ultravioletten Emissionsspectrum des metallischen Calciums:

Gelegentlich einer Untersuchung über das Emissionsspectrum des Calciums bei verschiedenen Temperaturen fanden wir eine bis jetzt unbekannte Liniengruppe im äussersten Ultraviolett auf, welche eine kleinere Wellenlänge hatte, als die brechbarste bis jetzt von Kayser und Runge im Bogenspectrum des Calciums beobachtete Ca-Linie $\lambda = 2200 \cdot 8$. Diese Linien traten im kräftigen Inductionsfunken deutlich auf und besitzen nachfolgende Wellenlängen und relative Helligkeiten (die hellste Calciumlinie wurde $i = 10$, die schwächste $i = 1$ gesetzt).

Ca-Linie	Eder — Valenta	i	Kayser — Runge
	$\lambda =$ 2276·0	3	2275·6
	2259·5	1	
Hauptlinie	2208·3	4	
	2200·5	1	2200·8
Hauptlinie	2197·6	3	
	2170·0	1	
	2152·3	1	
	2140·3	3	
	2133·0	1	
	2131·2	1	
	2123·0	1	
Hauptlinie	2112·9	3	
Hauptlinie	2103·2	2	

Die Wellenlängen anderer im Funkenspectrum neu aufgefundenen Calciumlinien sammt der heliographischen Reproduction der diesbezüglichen, mittelst des Quarzspectrographen hergestellten Spectrumphotographien werden später mitgetheilt werden.

Über das Linienspectrum des elementaren Kohlenstoffes im Inductionsfunken und über das ultraviolette Funkenspectrum nasser und trockener Holzkohle.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 19. Jänner 1893.)

Dem Kohlenstoff kommen zwei Emissionsspectren zu, von welchen das eine, das Swan'sche Spectrum, ein Bandenspectrum ist, das insbesondere beim Verbrennen von Kohlenwasserstoffen an der Luft auftritt, während das eigentliche Linienspectrum des elementaren Kohlenstoffes durch den Inductionsfunken zwischen Kohlenelektroden entsteht.

Das Swan'sche Spectrum, dessen Angehörigkeit zur elementaren Kohle nicht unbestritten ist, wurde in seiner ganzen Ausdehnung bis ins Ultraviolett in einer früheren Abhandlung bereits besprochen und heliographisch nachgebildet[1]). Dieses Bandenspectrum der Kohle ist nunmehr genauer bekannt. Weniger bekannt ist das Linienspectrum der Kohle im Inductionsfunken. Das Linienspectrum des elementaren Kohlenstoffes[2]) erscheint nicht nur deshalb interessant, weil es das wahre Funkenspectrum des Kohlenstoffes zwischen Kohlenelektroden repräsentiert, sondern weil dessen genaue Kenntnis für weitere spectroskopische Studien der Spectren der Metallsalze, welche mittelst Kohlenelektroden im Inductionsfunken verdampft werden, erforderlich ist. Es ist nämlich bei allen derartigen spectroskopischen Versuchen die Eliminierung des Elementarspectrums der Kohle unerlässlich.

Das Linienspectrum der Kohle, wie es im Inductionsfunken zwischen Kohlenelektroden auftritt, hat weder in seinem allgemeinen Linienbau, noch bezüglich der Wellenlängen der charakteristischen Linien etwas mit dem Swan'schen Spectrum gemeinsam. Es wurde dieses Linienspectrum der Kohle insbesondere von Angström und Thalén beschrieben, welche die Wellenlängen der Hauptlinien im sichtbaren Theile genau bestimmten und in einer guten Zeichnung abbildeten[3]). Sie erhielten dasselbe mittelst eines kräftigen Inductionsfunkens zwischen Graphitelektroden am besten in einer Wasserstoffatmosphäre, um das Auftreten von Kohlenoxyd und Kohlensäure zu verhindern. Aber auch in einer Atmosphäre von Kohlenoxyd oder Kohlensäure entsteht das Linienspectrum der Kohle, wenn man ein kräftiges Iuductorium mit langer Drahtwickelung und Leydener-Flaschen anwendet.

---

[1]) Vergl. pag. 1 dieser Abhandlungen.

[2]) Wir wählen diese Bezeichnung nach Kayser: «Spectralanalyse», 1883, pag. 246.

[3]) Angström und Thalén: «Recherches sur les spectres des métalloides», 1875 (Nov. Acta Reg. Soc. Ups., Ser. III).

Bei kleinen Funkenlängen treten Banden des Swan'schen Spectrums auf, besonders die Liniengruppen im Roth, worauf bereits Angström und Thalén aufmerksam machten. Diese beiden Autoren untersuchten nur den sichtbaren Theil, ebenso Watts, dessen Spectren aber viele fremde Linien, namentlich Sauerstofflinien (nach Schuster) enthalten dürften. Sowohl Angström und Thalén, als Watts geben genaue Wellenlängen der von ihnen beobachteten Linien. Ciamician's Studien über das Kohlenstoffspectrum[1]) geben keinen genaueren Aufschluss, da jedwede Wellenlängenbestimmung fehlt und auch die theoretischen Folgerungen Ciamician's nur auf das oberflächliche Aussehen eines kleinen Spectralbezirkes gestützt sind; überdies war der viel ausgedehntere ultraviolette Spectralbezirk des Kohlenstoffspectrums Ciamician unbekannt. Derselbe machte übrigens gleichfalls auf den Umstand aufmerksam, dass je nach der Schlagweite der von ihm verwendeten Holtz'schen Maschine verschiedene Spectren in Geissler-Röhren (verdünntes Kohlenoxyd) erhalten werden. Desgleichen zeigen sich nach Ciamician verschiedene Spectren, je nachdem man das Licht im verengten Theile des Geissler'schen Rohres oder jenes der erweiterten Enden untersucht. Wenn die Knöpfe der Maschine mit einer kleinen Leydener-Flasche verbunden werden, so gibt das grüne Licht im Capillar-Rohre nur das Kohlenoxydspectrum bei sehr nahen Knöpfen der Maschine; werden die Knöpfe weiter von einander entfernt, so beginnt neben dem Kohlenoxydspectrum das Bandenspectrum (Swan) und das Linienspectrum des elementaren Kohlenstoffes aufzutreten; bei noch grösserer Entfernung der Knöpfe treten auch Sauerstofflinien auf. Das Licht im erweiterten Theile der Geissler'schen Röhre gibt stets das Kohlenoxydspectrum (Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. LXXXII, 2. Abth., Juliheft).

Entgegen diesen Beobachtungen stellte Ch. Fievez[2]) die Existenz des Linienspectrums der Kohle (Funkenspectrum) überhaupt in Frage. Ch. Fievez meint, dass die im Funkenspectrum der Kohle auftretende rothe Doppellinie (Angström und Thalén) bei der Fraunhofer'schen Linie *C*, sowie die helle Linie im Orange und viele grüne Linien nicht dem Kohlenstoff, sondern nur den Verunreinigungen der Kohle zuzuschreiben sind. Er führt an, dass er auch bei Anwendung von Aluminiumelektroden unter sonst gleichen Umständen in der Luft in genau der gleichen Weise eine orangerothe Doppellinie erhalten habe, nur hatte sich die rothe Doppellinie auf eine einzige mit der Fraunhofer'schen Linie *C* coïncidierende Linie reduciert, welche demnach Fievez dem Wasserstoffe zuschreibt. In einer Wasserstoffatmosphäre soll unter normalem Drucke nur die einzige Wasserstofflinie $H\alpha$ (Fraunhofer'sche Linie *C*) zurückbleiben, andererseits verschwindet sie in trockener Luft. Diese Angabe Fievez stimmt nicht mit jenen von Angström und Thalén überein, welche die rothe Kohlenstofflinie $\lambda \left\{ \begin{matrix} 6583\cdot 0 \\ 6577\cdot 5 \end{matrix} \right\}$ sahen; ferner sahen dieselben die rothe Kohlenlinie nicht nur zwischen Kohlenelektroden im Sauerstoffstrom, sondern haben selbe auch im Leuchtgas zwischen Aluminiumelektroden beobachtet und zwar im letzteren Falle neben der Wasserstofflinie $H\alpha$ (Fraunhofer'sche Linie *C*, $\lambda = 6562\cdot 1$ nach Angström), während die Kohlen-Doppellinie mit ihrer mittleren Wellenlänge (welche Angström und Thalén $= 6580$ angeben) separat sichtbar war. Allerdings sind die rothen Kohlenlinien viel lichtärmer als die rothe Wasserstofflinie $H\alpha$ und können daher neben dieser leicht übersehen werden. In der That fehlen sie nicht nur bei Fievez, sondern auch bei Ciamician (a. a. O.) und auch wir halten ihre Zugehörigkeit zu den echten Kohlenlinien für zweifelhaft. Die grünen Linien halten wir in Übereinstimmung mit Angström und Thalén, sowie mit Ciamician, ganz bestimmt für Kohlenlinien und wir können uns den Ausführungen von Fievez nicht anschliessen. Das Linienspectrum der Kohle im Inductionsfunken ist im sichtbaren Theile allerdings so schwach und so wenig charakteristisch, dass es uns nicht Wunder nimmt, wenn Fievez Linien übersah, ebenso wie dies vor Fievez bei Bunsen (s. später) der Fall war;

---

[1]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1880, Bd. LXXXII, 2. Abth., Juliheft.

[2]) Beiblatt zu den Annal. f. Phys. u. Chem., 1888, pag. 102.

wir haben das Linienspectrum dagegen, ebenso wie Watts, Angström und Thalén, Ciamician, wahrgenommen, wenn wir auch betreffs der Anzahl der wahren Kohlenstofflinien zu anderen Resultaten, als diese Spectroskopiker gekommen sind.

Zweifellos ist die Zugehörigkeit der violetten Linien sowie der ultravioletten Linien zum Kohlenstoff, wie denn überhaupt die wahrhaft charakteristischen Linien im Linienspectrum der Kohle (Funkenspectrum) im Ultraviolett auftreten.

Die Kenntnis der Hauptlinien des ultravioletten Funkenspectrums des Graphit verdanken wir Liveing und Dewar[1]), sowie Hartley und Adeney[2]), welche die Linien des graphitischen Kohlenstoffes zwischen $\lambda = 3920$ bis 2297 bestimmten; fremde Spectrallinien im Graphitspectrum stammen vom Magnesium und insbesondere vom Silicium, welche Linien von Hartley und Adeney erkannt und zuerst aus dem Kohlenspectrum eliminiert wurden. Wenig bekannt dagegen ist das Funkenspectrum der reinen Holzkohle; dieselbe ist ein derart schlechter Wärme- und Elektricitätsleiter, dass Elektroden aus gewöhnlicher Holzkohle aus diesen Gründen zur Erzeugung eines Inductionsfunkens nicht brauchbar sind, sondern zuvor einer geeigneten Behandlung unterzogen werden müssen (s. später). Allerdings hatte sich Bunsen mit dem Emissionsspectrum der Holzkohle befasst und zwar gelegentlich seiner «Spectralanalytischen Untersuchungen»[3]); er tränkte vorher durch heftiges Glühen leitend gemachte, gereinigte Kohlenelektroden mit Metallsalzen, liess den Inductionsfunken durchschlagen und erhielt dadurch die Funkenspectren verschiedener Metalle. Bunsen sagt über das Funkenspectrum der feuchten und trockenen Kohle wenig. Er erwähnt an anderen Orten blos: «Die trockenen oder mit Salzsäure befeuchteten Kohlenspitzen des Funkenapparates geben an sich, wenn ihre Reinigung richtig ausgeführt war, kein Funkenspectrum, was sich leicht daraus entnehmen lässt, dass in einer Atmosphäre von Wasserstoff die zwischen ihnen überschlagenden Funken nur die wenigen charakteristischen Linien des Wasserstoffes geben. Die bei Spectralbeobachtungen in Luft überspringenden Funken zeigen daher nur Luftlinien des Sauerstoffes, Stickstoffes uud Wasserstoffes.

Da Bunsen das Spectrum des Wasserstoffes nur im sichtbaren Theile untersuchte und die Spectren, insbesondere der feuchten Kohle, in diesem Bezirke nur wenige und sehr schwache Linien aufweisen, welche im weniger hellen Blau und Violett liegen, so entgingen dieselben dem genannten Forscher. Dagegen beobachteten wir hiebei höchst charakteristische und zum Theile sehr complicierte Spectren im Ultraviolett, deren Entwirrung im ersten Augenblicke schwierig erscheint, jedoch bei sorgfältiger Versuchsanordnung leicht möglich ist. Es erscheinen im Funken zwischen Kohlenelektroden, je nachdem man die Kohle an der Luft, im Wasserstoff oder in Kohlensäure, sowie im trockenen oder nassen Zustande (im Inductionsfunken) spectrographisch (Quarz) prüft, Spectren von völlig verschiedenem Aussehen. Die nach unseren Versuchen hierbei auftretenden Spectren sind nähmlich:

1. Das Spectrum (Linienspectrum) des elementaren Kohlenstoffes.

2. Das Bandenspectrum der Kohle (Swan'sches Spectrum), welches bald ganz, bald wieder nur fragmentarisch auftritt, mitunter auch ganz verschwindet. Es tritt besonders in der Aureole im Kohlenfunken in einer Wasserstoffatmosphäre auf, wenn schwache Funken verwendet werden.

3. Cyanbanden, bei Gegenwart von Stickstoff (besonders an trockener Luft mit starkem Funken).

4. Eventuell sogenannte «Luftlinien» bei Gegenwart von Luft, insbesondere bei trockener Kohle und starkem Funken.

5. Eventuell das Bandenspectrum des Stickstoffes am positiven Pole, besonders bei nasser Kohle und schwachem Inductionsfunken ohne Leydener-Flaschen, natürlich bei Gegenwart von Stickstoff.

---

[1]) Liveing and Dewar, Proceed. Royal Soc., Bd. XXX, 1880, pag. 152, 494; Bd. XXXIII, 1882, pag. 403; Bd. XXXIV 1882, pag. 123. — Philosoph. Transact., Bd. CXLVII, 1882, pag. 187.

[2]) Hartley and Adeney, Philosoph. Transact. of the Royal Soc., London 1884.

[3]) Poggendorff, Annal. d. Physik u. Chemie, Bd. V, 1875, pag. 369.

6. Eventuell das Spectrum des Wasserdampfes, mitunter vermengt mit Wasserstoff und Sauerstofflinien (bei feuchter Kohle und starkem Flaschenfunken).

7. Eventuell Kohlenoxydbanden, welche sich hie und da in der Aureole des Kohlenfunkens bei Gegenwart von Sauerstoff oder Kohlensäure zeigen.

8. Sauerstofflinien, welche sich bei kräftigem Funken nicht nur in Luft, sondern auch bei Gegenwart von Kohlensäure zeigen.

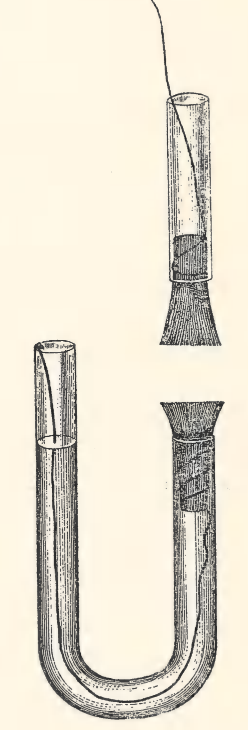
9. Das Emissionsspectrum des Ammoniak (bei nassen Kohlenelektroden, schwachem Inductionsfunken ohne Leydener-Flasche und in der Luft).

10. In geschlossenen Gefässen bei Gegenwart von Luft tritt das Absorptionsspectrum von Untersalpetersäure auf (besonders im starken Flaschenfunken).

Mit allen diesen Spectren, welche im Ultraviolett sehr linienreich sind, hat man zu rechnen, wenn man Funkenspectren zwischen Kohlenelektroden erzeugt und dieselben eventuell zum Studium von Emissionsspectren der Metallsalze etc., mit denen man die Kohlenelektroden tränkt, benützen will.

Zur genaueren Kentnis dieser nicht unwichtigen Spectralerscheinungen stellten wir nachfolgende Versuche an.

Fig. 16.



Herstellung der Elektroden.

Wir benützten zu unseren Untersuchungen Holzkohlenstifte, welche nach der von Bunsen[1]) angegebenen Methode vorher einer sorgfältigen Reinigung unterzogen worden waren.

Auf die Benützung von Graphitelektroden leisteten wir im vorhinein Verzicht und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil eine Reinigung, so wie selbe bei Spitzen aus amorpher Kohle möglich ist, bei Graphit nicht gut durchführbar erscheint und auch deshalb, weil Graphitelektroden sich im Bedarfsfalle ungleich schwerer mit Salzlösungen imprägnieren lassen als die poröse Holzkohle[2]).

Die von uns verwendete Kohle war eine reine Lindenkohle (Zeichenkohle), wie selbe in dünnen Stäbchen in den Handel gebracht wird.

Die circa 10 *cm* langen, 6 bis 7 *mm* starken Stäbchen wurden, um sie leitend zu machen, in einem Porzellantiegel mit Kohlenpulver verpackt, dieser in einen grösseren hessischen Tiegel gestellt und die Zwischenräume wieder mit Kohlenpulver ausgefüllt.

Hierauf wurde der Deckel mit Chamottebrei aufiutiert und im Perrot'schen Gasofen 12 Stunden der Weissglut ausgesetzt.

Die Kohlenstäbchen erwiesen sich nach dieser Behandlung stark gesintert, sie waren härter und klingend geworden und leiten die Elektricität sehr gut.

Diese Stäbchen wurden nunmehr mit einer feinen Stahlsäge zerschnitten und die kleinen, daraus hergestellten Spitzen von 2 bis 3 *cm* Länge und circa 4 *mm* Dicke einer mehrstündigen successiven Behandlnng mit Flussäure, Schwefelsäure und Salzsäure bei Siedetemperatur der betreffenden Säuren unterzogen. Zwischen den einzelnen Operationen wurden die Stoffe mit destilliertem Wasser sorgfältig

---

[1]) Poggendorff, Annal. d. Physik u. Chemie, Bd. V, 1875, pag. 369.

[2]) Hartley beschrieb eine Methode zur Herstellung photographischer Spectren der Elemente mittelst Salzlösungen, indem er feine Graphitfäden bürstenartig in eine Glasröhre fasste (Fig. 16), die Salzlösung durch die Glasröhre an die Oberfläche treten und den Funken überspringen liess (Philosoph. Transact. of the Royal Soc., 1884). Diese Methode lieferte uns keine so günstigen Resultate, als diejenigen bei Verwendung von Holzkohle es sind.

gewaschen und desgleichen nach dem Auskochen, hierauf getrocknet und in einem wohlverschlossenen Gefässe zum weiteren Gebrauche aufbewahrt[1]).

Die Anordnung der Apparate für die Erzeugung von Funkenspectren in der Luft wurde bereits in einer früheren Abhandlung beschrieben[2]). Um jedoch den Funken auch in verschiedenen Gasen überspringen lassen zu können, haben wir den im Nachfolgenden beschriebenen kleinen Apparat construiert, welcher sich bei unseren Versuchen bestens bewährte. Der Apparat ist in beifolgenden Skizzen abgebildet (Fig. 17, 18 und 19). An den cylindrischen Glaskörper (*a*) von circa 50 cm^3 Inhalt sind senkrecht zur Längenaxe, mit ihren Axen in einer Ebene liegend, die beiden längeren Glasröhren (*b* und *c*) und die beiden kurzen Rohre (*i* und *i'*) angeschmolzen. Die Rohre (*i* und *i'*) dienen zur Aufnahme der Elektroden (*k* und *k'*). Es sind dies kurze, an einem Ende zugeschmolzene Glasröhrchen, welche genau eingepasste Platinhülsen (*p* und *p'*) enthalten; diese letzteren sind mit den Platinösen (*l* und *l'*) durch in die Glasröhrchen eingeschmolzene Platindrähte verbunden.

Fig. 17, 18.

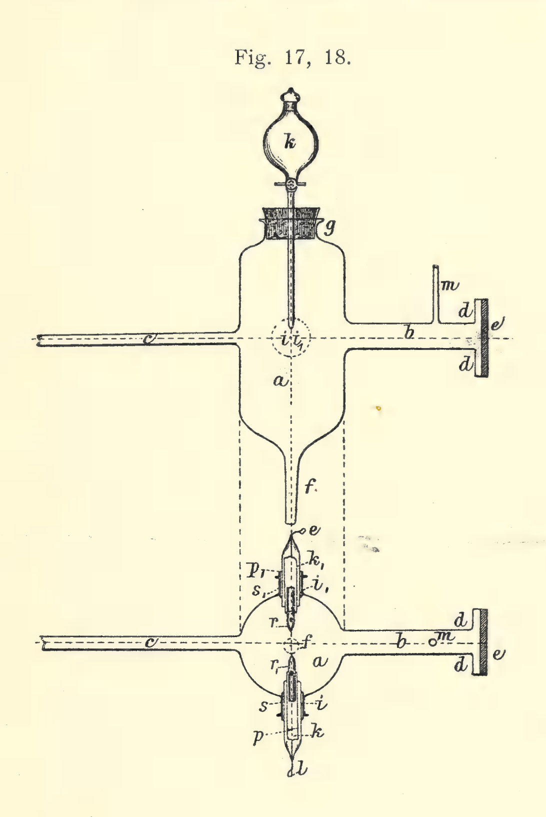
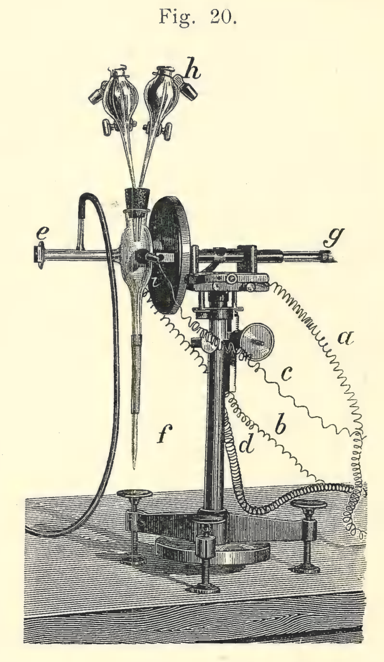


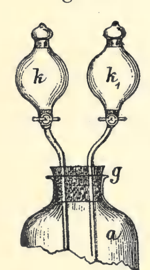
Fig. 20.



a, b, c, d Leitungsdrähte; *e* Quarzplatte; *f* Abflussrohr; *g* Gas-Ableitung; *h* Tropftrichter; *i* Elektroden.

Die Kohlenstifte (*r* und *r'*) sind in die Platinhülsen gesteckt und behufs leichterer Aufnahme und Vertheilung der Tropfflüssigkeiten mit Längsrillen versehen. Der Ansatz (*b*) ist ein 4 *cm* langes, 8 *mm* im Lichten starkes Glasrohr, welches am freien Ende mit einer abgeschliffenen Flange (*d*) versehen ist. Auf diese letztere ist eine senkrecht zur optischen Axe geschnittene Platte aus Bergkrystall luftdicht aufgeschliffen.

Fig. 19.



Das Glasrohr *m* dient zur Gaszuleitung, das Rohr *c* zur Ableitung. Der Glaskörper (*a*) besitzt ferner im oberen Theile einen Flaschenhals, in welchen mittelst Kautschukpfropfens die beiden Hahntropftrichter (*k* und *k'*) so eingesetzt sind, dass dieselben gestatten, die Kohlenspitzen beliebig mit Flüssigkeit zu betropfen, ohne dass Luft in den Apparat dringt.

Der kleine Apparat, welcher in obiger Form das Resultat zahlreicher Versuche ist, hat sich bei unseren Versuchen bewährt und uns gute Dienste geleistet. Sein geringes Volumen gestattet ein leichtes und vollkommenes Verdrängen der Luft durch das betreffende Gas und seine Montierung an dem Funkengeber ist leicht durchführbar, wie Fig. 20 zeigt. Das Vergleichsspectrum lässt sich bei dieser Anordnung mit einem und demselben Funkengeber ohne Störung der Apparatenzusammenstellung herstellen, was von Wert erscheint.

[1]) Die Reinigung der Holzkohlenspitzen wurde im Laboratorium des Herrn Prof. Dr. J. Oser an der k. k. technischen Hochschule auf das sorgfältigste durchgeführt, wofür wir dem genannten Herrn Professor unseren Dank aussprechen.

[2]) Vergl. pag. 1 dieser Abhandlungen.

Die beschriebene Montierung der Kohlenelektroden in Platinhülsen bei dem Apparate ist eine vortheilhafte, indem man sich mittelst einfacher Hilfsmittel (Platindraht, Blech und dünnwandigen Glasröhrchen) leicht eine grössere Anzahl solcher Elektrodenhalter herstellen kann, wodurch ein sofortiges Auswechseln ermöglicht ist.

Das Befeuchten der Kohlenspitzen mit Wasser oder mit verschiedenen Lösungen ist rasch und sicher während der Thätigkeit des Inductors durchführbar und gestattet der Apparat, da die Fülltrichter geschlossen sind, mit Säuren oder ätzenden Flüssigkeiten, deren Anwendung bei freien Elektroden der Spectralapparate wegen nicht thunlich ist, zu arbeiten. Man hat in dem Falle nur nöthig, die abziehenden Dämpfe zu binden oder in den Schornstein zu leiten, wodurch jede Belästigung durch dieselben entfällt.

Ist die Elektrodenkohle, wie angegeben, hinlänglich dick, so lassen sich Spectren mit stark befeuchteten Kohlen unter Anwendung selbst eines sehr kräftigen Flaschenfunkens erzeugen, dünne Kohlenstäbchen würden hiebei zertrümmert werden. In dieser Richtung eignet sich unsere Versuchsanordnung besser als die Fulguratoren von Delachanel und Mermet[1]) oder von Lecocq[2]) oder ähnlichen Apparaten[3]), bei welchen der Versuch nur mit schwächeren Inductionsfunken ohne Leydener-Flaschen durchgeführt werden kann, da starke Flaschenfunken die Flüssigkeit nach allen Richtungen verschleudern, wodurch die Beobachtung sehr erschwert wird.

Trotz sorgfältigster Reinigung der Kohle in der angegebenen Weise zeigte es sich doch, dass zuweilen bei sehr langen Belichtungszeiten das Kohlenspectrum mit einigen Siliciumlinien und Calciumlinien verunreinigt war (wahrscheinlich stammen diese Verunreinigungen aus dem zum Waschen der Kohlenspitzen verwendeten destillierten Wasser), von Alkalimetallen trat nur Na (und zwar die gelbe Linie) auf.

Die Eliminierung dieser Linien gelingt einerseits leicht durch Vergleich der Wellenlängen der betreffenden Linien; speciell das Linienspectrum des Siliciums haben wir in einer anderen Abhandlung für diesen Fall beschrieben[4]). Zur Erhöhung der Sicherheit der betreffenden ermittelten Spectrallinien wurden Vergleichsspectren von Calciummetall, Silicium, Magnesium und Aluminium über das Kohlenspectrum photographiert und in dieser Weise die Ergebnisse der Rechnung controliert.

Bei den Versuchen über die Kohlenfunkenspectren in verschiedenen Gasen muss sorgfältig auf das Absorptionsvermögen der Kohle für Gase Rücksicht genommen werden. Wenn man mit denselben Kohlenelektroden nach einander in verschiedenen Gasatmosphären arbeiten würde, setzte man sich leicht der Gefahr aus, Fehler zu begehen, welche man dadurch vermeidet, dass man mit der Gasart die Kohlenspitzen wechselt, eventuell diese in der Gasatmosphäre, in welcher man sie verwenden will, vorher ausglüht.

Im Nachstehenden sollen jene Emissionsspectren beschrieben werden, welche im Inductionsfunken zwischen Elektroden von amorpher Kohle unter verschiedenen Verhältnissen entstehen:

I. Funkenspectrum zwischen Kohlenelektroden in trockener Wasserstoff- oder Kohlensäure-Atmosphäre.

1. Wenn der Inductionsstrom eines kräftigen Inductoriums zwischen Kohlenelektroden in einer Atmosphäre von reinem trockenen Wasserstoff überschlägt, so entsteht bei gewöhnlichem Luftdrucke ein heller Funke von der bekannten durch Wasserstoff bewirkten röthlichvioletten Farbe. Man erhält je nach der Belichtungszeit von 5 bis 20 Minuten ein wohldefiniertes photographisches Spectrum,

---

[1]) «Compt. rend.», Bd. LXXXI, 1878, pag. 726.

[2]) Lecocq de Boisbaudran: «Spectres lumineux», 1874.

[3]) S. Salet: «Traité élémentaire de Spectroscopie», 1888, pag. 157.

[4]) Vergl. pag. 75 dieser Abhandlungen.

bei welchem die auftretenden Linien auf schwach erhelltem Grunde [1]) sehr deutlich erscheinen. Neben den Kohlenlinien treten Wasserstofflinien auf, und zwar

$$H\alpha, \lambda = 6562 \text{ (Roth)}$$
$$H\beta, \lambda = 4861 \text{ (Grün)}$$
$$H\gamma, \lambda = 4340 \text{ (Blau)}$$
$$H\delta, \lambda = 4101 \text{ (Indigo)}$$

von welchen namentlich die Linien $H\beta$, $H\gamma$ und $H\delta$ ganz enorm verbreitert sind und in der Spectrumphotographie als breite Banden, welche von der Mitte nach beiden Seiten hin allmählich abschattiert sind, erscheinen. Die übrigen Wasserstofflinien von kleineren Wellenlängen kommen entweder gar nicht zum Vorschein oder treten (bei stark verlängerter Exposition) nur ganz schwach hervor [2]).

In der heliographischen Abbildung (Taf. IV, Fig. 7) sind die eben genannten verbreiterten Wasserstofflinien deutlich erkennbar. Die eigentlichen Kohlenstofflinien (Linienspectrum der amorphen Kohle) erscheinen unter diesen Bedingungen sehr deutlich. Was das sichtbare Spectrum anbelangt, so studierten wir dasselbe in einer Atmosphäre von trockenem reinen Wasserstoff und einer solchen von Leuchtgas mittelst eines Krüss'schen Spectralapparates.

Wir bemerkten im sichtbaren Spectrum überhaupt keine charakteristische Linie, so dass es uns erklärlich erscheint, dass Fievez das ganze sichtbare Linienspectrum des Kohlenstoffes den verunreinigenden Nebenbestandtheilen der zu den Versuchen verwendeten Kohlenelektroden zuschreibt. Wir sahen ebensowenig wie Fievez die Angström-Thalén'sche rothe Doppellininie von $\lambda = \begin{Bmatrix} 6583 \\ 6577 \cdot 5 \end{Bmatrix}$ deutlich, nur beim Stromwechsel des mit Flaschen verstärkten Inductoriums konnten wir bei stark genäherten Kohlenspitzen ein schwaches Aufblitzen an jenen Stellen, wo sich die Linien befinden sollen, constatieren. Mit Rücksicht auf die sorgfältigen Angström-Thalén'schen Beobachtungen haben wir aber diese rothen Kohlenstofflinien nicht gestrichen, sondern nur als zweifelhaft bezeichnet. Dagegen konnten wir von der gelben Angström-Thalén'schen Liniengruppe von

$$\lambda = 5694 \cdot 1$$
$$\lambda = 5660 \cdot 9$$
$$\lambda = 5646 \cdot 5$$
$$\lambda = 5638 \cdot 6$$

trotz sorgfältigsten Absuchens des fraglichen Spectralbezirkes weder in der Wasserstoff- noch in der Leuchtgasatmosphäre irgend eine Andeutung bemerken, weshalb wir keinen Anstand nehmen, diese Linien aus dem Verzeichnis der wahren Kohlenstofflinien zu streichen.

Die gelbgrüne Angström-Thalén'sche Kohlenlinie $\lambda = 5379 \cdot 0$ sahen wir bei unserer Kohle deutlich, wenn auch schwach, ebenso die dreifache grüne Linie $\lambda = \begin{Bmatrix} 5150 \cdot 5 \\ 5144 \cdot 2 \\ 5133 \cdot 0 \end{Bmatrix}$, welche in eine der Swan'schen Banden eingebettet ist; uns gelang die Auflösung nicht so deutlich, wie selbe Angström und Thalén gelungen zu sein scheint, aber wir reihen zufolge unserer Beobachtung diese Liniengruppe

[1]) Das continuierliche Spectrum ist am hellsten zu Beginn des Ultraviolett und nimmt gegen circa $\lambda = 3600$ rasch an Intensität ab. Es stammt wahrscheinlich von den Kohlenelektroden, welche an der äussersten Spitze während des Versuches hellglühend werden.

[2]) Alle diese Angaben gelten für normalen Luftdruck.

dem Spectrum der reinen Kohle ein. Ganz unzweifelhaft ist die violette Angström-Thalén'sche Linie $\lambda = 4266 \cdot 0$ eine echte Linie des Kohlenstoffspectrums; wir fanden jedoch die Wellenlänge etwas grösser, nämlich $4267 \cdot 5$; diese Linie lässt sich eben viel deutlicher photographieren als beobachten.

Wir müssen also erklären, dass nach unseren Beobachtungen Fievez im entschiedenen Irrthum ist, wenn er das ganze von Watts, sowie von Angström und Thalén aufgestellte Linienspectrum der Kohle lediglich den Verunreinigungen der Kohlenelektroden zuschreibt und die Existenz aller diesbezüglich angegebenen Kohlenstofflinien leugnet. Wir können uns nach dem vorhin Gesagten nur zur Streichung der Angström-Thalén'schen Liniengruppe (Gelbgrün) $\lambda = 5694$ bis $\lambda = 5638$ verstehen, halten aber (abgesehen von der zweifelhaften Angström-Thalén'schen rothen Doppellinie) die folgenden in unser Verzeichnis aufgenommenen Linien des Linienspectrums der Kohle für wahre Kohlenstofflinien; jedoch sind dieselben alle relativ schwach und nicht zahlreich. Von den äusserst zahlreichen, von Watts dem Linienspectrum der Kohle zugeschriebenen Linien konnten wir bei Anwendung reiner Holzkohle und einer trockenen Wasserstoff- oder Leuchtgasatmosphäre nichts bemerken, so dass das ganze Verzeichnis des Watts'schen Linienspectrums [1]) auf die von uns verminderte Anzahl der Angström-Thalén'schen Kohlenlinien reduciert werden muss. Wir führen diese Linien in der später folgenden Tabelle, und zwar mit ihren Wellenlängen, bezogen auf das Rowland'sche Normalspectrum, an.

Auf Bromsilberplatten im Quarzspectrographen beginnt die kräftige Einwirkung des Kohlenspectrums bei C = λ 4267 und die brechbarste photographierbare Linie besitzt eine Wellenlänge von $\lambda = 2296$. Diese Linien und ihre relative Energie sind aus Taf. IV, Fig. 6 und 7, ersichtlich; über die Wellenlängen derselben s. später.

Neben dem eigentlichen Linienspectrum der Kohle finden sich (namentlich in der Aureole) die Banden des Swan'schen Spectrums vor, wenn der Funke zwischen Kohlenelektroden in einer Wasserstoff- oder Leuchtgasatmosphäre überschlägt. Namentlich sind es die Hauptlinien der hellgrünen Bande (Kohlenstoffbande δ nach Eder mit den Linien 4736, 4714, 4697, 4684, 4677); es ist bemerkenswert, dass die höchst charakteristischen ultravioletten Banden des Swan'schen Spectrums im Funkenspectrum des Kohlenstoffes sowohl in einer Wasserstoff-, als auch in einer Kohlensäure-Atmosphäre gänzlich fehlen, wenigstens ist dies immer der Fall, wenn bei normalem Atmosphärendruck und mit kräftigen Funken gearbeitet wird.

Werden die Kohlenelektroden mit einer Atmosphäre von trockener Kohlensäure umgeben, so erscheint die Farbe des durchschlagenden Funkens bei Anwendung von Leydener-Flaschen bläulich; die Helligkeit ist grösser als in einer Wasserstoffatmosphäre und die photographische Wirksamkeit beinahe doppelt so gross als im letzteren Falle.

Das Linienspectrum der amorphen Kohle bleibt dasselbe wie in Wasserstoffatmosphäre, jedoch treten alle Hauptlinien des Kohlenspectrums deutlicher hervor [2]). Überdies machen sich neben den Kohlenlinien noch zahlreiche kräftige Linien bemerkbar, welche dem Sauerstoffe angehören; offenbar dissociiert die Kohlensäure bei der hohen Temperatur des mit Leydener-Flaschen verstärkten Inductionsfunkens, denn von dem Auftreten von Kohlenoxyd war nichts zu bemerken. Fig. 6, Taf. IV, zeigt das Bild des Funkenspectrums der amorphen Kohle in einer Kohlensäure-Atmosphäre.

Das unter diesen Umständen neben den Kohlenstofflinien auftretende Spectrum des Sauerstoffes erscheint, namentlich im weniger brechbaren Theile ($\lambda > 3000$), sehr deutlich, die kräftigen, dicht an einander gereihten Linien des Sauerstoffes machen mitunter sogar das Auffinden der Kohlenlinien schwierig. Im stärker brechbaren Theile treten dagegen die Kohlenstofflinien umso deutlicher hervor.

[1]) S. Kayser: «Spectralanalyse»; ferner Watts: «Index of Spectra».

[2]) Hartley gab betreffs des Funkenspectrums des Graphit an, dass die Kohlenlinien in einer Kohlensäure-Atmosphäre länger werden, aber im Übrigen unverändert bleiben.

Tabelle über die Wellenlänge jener Linien, welche im Linienspectrum der amorphen Kohle, sowohl in einer Wasserstoff- als Kohlensäure-Atmosphäre auftreten.

	Angström und Thalén	Hartley und Adeney	Kayser und Runge	Liveing und Dewar	Eder und Valenta	*i*	Bemerkungen
	Linien-spectrum der Kohle	Funken-spectrum des Graphit	Cyanbanden im galvanischen Lichtbogen zwischen Kohlen-elektroden	Linien-spectrum der Kohle [1])	Funken-spectrum der amorphen Kohle, reduciert auf Rowland's Zahlen		
	λ	λ	λ	λ	λ (A. E.)		
Roth	6583·0	—	—	—	6584·2	1	fraglich ob zur Kohle gehörig
Roth	6577·5	—	—	—	6578·7	1	fraglich ob zur Kohle gehörig
Gelb	5694·1	—	—	—	—		diese Linien wurden von uns nicht gesehen
Gelb	5660·9	—	—	—	—		diese Linien wurden von uns nicht gesehen
Gelb	5646·5	—	—	—	—		diese Linien wurden von uns nicht gesehen
Gelb	5638·6	—	—	—	—		diese Linien wurden von uns nicht gesehen
Grün	5379·0	—	—	—	5379·8	1	
Grün	5150·5	—	—	—	5151·2	1	
Grün	5144·2	—	—	—	5144·9	1	
Grün	5133·0	—	—	—	5133·7	1	
	—	—	—	—	4556·3	1	
Violett	4266·0	4266·3	—	—	4267·15	4	Hauptlinie; verbreitert sich im starken Flaschenfunken
Ultra-violett	—	3919·5	Anfangskanten	3919·3	3921·38	2	schwach verbreitert
Ultra-violett	—	3881·9	Cy Nr. III 3883·6	—	3883·8	3	erste Kante der Cy-Bande Nr. III
Ultra-violett	—	3875·7	—	3876·5	3877·0	1	
Ultra-violett	—	3870·7	3871·5	—	3872·0	2	zweite Kante der Cy-Bande Nr. III
Ultra-violett	—	—	3861·9	—	3861·6	1	dritte Kante der Cy-Bande Nr. III
Ultra-violett	—	—	3855·0	—	3854·5	1	vierte Kante der Cy-Bande Nr. III
Ultra-violett	—	—	—	—	3848·0	1	
Ultra-violett	—	3589·9	Cy Nr. IV 3590·5	—	3590·1	1	nebelig, erste Kante der Cy-Bande Nr. IV
Ultra-violett	—	3584·8 3583·3	3585·9 3584·1	—	3585·6	1	zweite Kante der Cy-Bande Nr. IV
	—	—	(3360 [2])	—	3361·0	1	nebelig (Cyanlinie)
Ultra-violett	—	3167·7	—	—	—		von uns nicht gesehen [3])
Ultra-violett	—	3166·0	—	—	—		von uns nicht gesehen [3])
Ultra-violett	—	2993·1	—	2995·0	2993·2	1	verbreitert, nebelig
Ultra-violett	—	2967·3	—	2968·0	2967·6	1	verbreitert, nebelig
Ultra-violett	—	—	—	—	2905·4	1	sehr schwach
Ultra-violett	—	2836·7	—	2837·2	2837·84	4	
Ultra-violett	—	2835·9	—	2836·3	2836·91	6	Hauptlinie
Ultra-violett	—	2746·6	—	2746·5	2747·3	3	
Ultra-violett	—	—	—	2733·2	—		nicht gesehen
Ultra-violett	—	2640·0	—	2640·7	2641·4	1	
Ultra-violett	—	—	—	—	2576·7	1	
Ultra-violett	—	—	—	—	2554·6	1	
Ultra-violett	—	2511·6	—	2511·9	2512·08	5	scharf
Ultra-violett	—	2508·7	—	2509·0	2509·16	3	scharf
Ultra-violett	—	—	—	—	2498·0	1	schwach, nebelig [4])
Ultra-violett	—	—	—	—	2496·8	1	schwach, nebelig [4])
Ultra-violett	—	2478·3	—	2478·3	2478·64	10	intensivste Hauptlinie
Ultra-violett	—	—	—	—	2402·1	1	schattenhaft
Ultra-violett	—	—	—	—	2343·5	1	schwach, nebelig
Ultra-violett	—	—	—	—	2342·6	1	schwach, nebelig
Ultra-violett	—	—	—	—	2332·5	1	schwach, nebelig
Ultra-violett	—	2297·7	—	2296·5	2296·94	6	verbreitert, Hauptlinie

[1]) In Liveing und Dewar's «Linienspectrum des Kohlenstoffes» sind viele Linien enthalten, welche Hartley als Siliciumlinien erkannte; diese sind aus den diesbezüglichen Tabellen (auch Kayser's «Spectralanalyse», 1883) zu streichen (vergl. Hartley: Philosoph. Transact., 1884 und Watts: «Index of Spectra».

[2]) Diese Cyanlinie ist von Liveing und Dewar angegeben.

[3]) Exner und Haschek geben hier eine Kohlenlinie, λ = 3165, an.

[4]) Diese beiden Linien, 2498 und 2496, dürften, wie Exner und Haschek aufmerksam machten, dem Bor angehören (E. u. V.).

Um die eigentlichen dem Linienspectrum deramorphen Kohle zukommenden Kohlenstofflinien aufzufinden, wurde das Funkenspectrum der Kohle in einer Wasserstoffatmosphäre einerseits und in einer Kohlensäure-Atmosphäre andererseits untereinander photographiert und nur jene Linien wurden in Betracht gezogen, welche beiden Spectren gemeinsam waren.

Die sorgfältige Ausmessung der Linien ergab die in der Tabelle auf pag. 66 angegebenen Wellenlängen (A. E.) für diese Kohlenstofflinien. Es sei bemerkt, dass diese Wellenlängen auf Rowland's Normalspectrum und im brechbaren Theil auf Kayser und Runge's Zahlen bezogen wurden.

In dieser Tabelle sind die von uns im Linienspectrum der amorphen Kohle aufgefundenen Linien verzeichnet und die Zahlen Angström und Thalén's, Liveing und Dewar's und Hartley und Adeney's[1]) zur Vergleichung daneben gestellt. Überdies haben wir die Anfangskanten der charakteristischen Cyanbanden in das Verzeichnis mit aufgenommen und zwar die diesbezüglichen Wellenlängen mit den Zahlen Kayser und Runge's[2]) angeführt, mit Ausnahme der stärker brechbaren Cyanbandenkante $\lambda = 3360$, welche Liveing und Dewar directe im Cyan beobachteten, während Kayser und Runge jene Cyanbanden ausmassen, welche im galvanischen Lichtbogen zwischen Kohlenelektroden an der atmosphärischen Luft auftreten.

Der Vergleich der von uns im Funkenspectrum der Kohle (sowohl in einer Wasserstoff- als auch in einer Kohlensäure-Atmosphäre) aufgefundenen ultravioletten Linien mit den Anfangskanten der sogenannten Cyanbanden zeigt, dass ein kleiner Theil der im Kohlen-Funkenspectrum vorhandenen schwächeren Linien mit den Hauptlinien, beziehungsweise charakteristischen Anfangskanten der Cyanbanden, Cy Nr. 3 und Nr. 4 (Numerierung nach Kayser und Runge), übereinstimmen, also diese vorhanden sind. Es sind dies die Linien:

Kohlen-Funkenspectrum nach unseren Bestimmungen	*i*	Anfangskanten der Cyanbanden nach Kayser und Runge.	
$\lambda = 3883 \cdot 8$	3	erste Kante der Cy-Bande Nr. 3	$\lambda = 3883 \cdot 6$
3872·0	2	zweite „ „ „ „ 3	3871·5
3861·6	1	dritte „ „ „ „ 3	3861·9
3854·5	1	vierte „ „ „ „ 3	3855·0
3590·1	1	erste „ „ „ „ 4	3590·5
3585·6	1	zweite „ „ „ „ 4	3585·9
3361·0	1	Cyanbande nach Liveing und Dewar	3360·0

Dagegen konnten wir bei unseren Versuchen die Anwesenheit von Linien der weniger brechbaren Cyangruppe (Nr. 1 und 2) nicht bemerken, sobald wir den Kohlenfunken in einer Wasserstoff- oder Kohlenstoff-Atmosphäre überschlagen liessen und dessen Spectrum mit Hilfe des Quarzspectrographen photographierten.

Dies mag seinen Grund in dem Umstande haben, dass die Cyanbanden Nr. 1 und 2 photographisch relativ weniger wirksam sind als die Cyanbande Nr. 3, welche die weitaus hellste ist, während Cy Nr. 4 noch immer heller als Cy Nr. 1 und 2, aber weniger hell als Cy Nr. 3 ist. Deshalb treten beim Photographieren eines sehr schwachen Cyanspectrums stets zuerst die Kanten der Cyanbande Nr. 3 auf, darnach erst jene von Cy Nr. 4 und viel später erst Andeutungen von Cy Nr. 2. (Im Funkenspectrum

---

[1]) S. Watts: «Index of Spectra», 1889, pag. 31. — Hartley und Adeney: «Mesurement in the Spectra of elementous substances», Philosoph. Transact., 1884.

[2]) Kayser und Runge: «Über die Spectren der Elemente», Abhandl. d. königl. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1889, 2. Abschnitt: Über die im galvanischen Lichtbogen auftretenden Bandenspectren der Kohle. (Dieselben Banden treten im Cyan auf.)

der Kohle an der Luft treten auch die schwachen Cyanbanden Nr. 1 und 2 deutlich hervor [s. später].) Das Auftreten der Cyanbanden im Kohlenfunken geschieht natürlich nur, wenn Stickstoff zugegen ist. Aber selbst die geringsten Spuren von Stickstoff in einer Wasserstoff- oder Kohlensäure-Atmosphäre verrathen sich auf diese Weise durch das Erscheinen der Cyan-Hauptlinien. Durch sorgfältiges Reinigen der Kohle von absorbierter Luft und längeres Auswaschen des Apparates mit reinem trockenen Wasserstoff kann man die Cyanlinien zum Zurücktreten bringen, dagegen ist uns dies bei Verwendung einer

Linienspectrum der elementaren amorphen Kohle (Funkenspectrum).

(Bezogen auf Rowland's Standards.)

	Wellenlängen nach Eder und Valenta	Intensität i	Bemerkungen
Roth	6584·2	1	fraglich, ob zu Kohlenstoff gehörig
	6578·7	1	
Gelbgrün	5379·8	1	
Grün	5151·2	1	
	5144·9	1	
	5133·7	1	
Violett	4556·3	1	
	4267·15*	4	Hauptlinie, verbreitert sich im starken Flaschenfunken
Ultraviolett	3921·38*	2	schwach verbreitert
	3877·0	1	
	3848·0	1	
	2993·2	1	verbreitert, nebelig
	2967·6	1	
	2905·4	1	sehr schwach
	2837·84*	4	
	2836·91*	6	Hauptlinie[1])
	2747·3	3	
	2641·4	1	
	2576·7	1	
	2554·6	1	
	2512·08*	5	scharf
	2509·16*	3	
	2478·64*	10	intensivste Hauptlinie[1])
	2402·1	1	schattenhaft
	2343·5	1	schwach, nebelig
	2342·6	1	
	2332·5	1	
	2296·94*	6	verbreitert, Hauptlinie[1])

*) Die mit Stern bezeichneten Wellenlängen wurden von uns später (1899) mittelst eines grossen Concavgitters neu (mit einer Genauigkeit von 0·03 A. E.) bestimmt und sind an Stelle der ungenaueren Ablesungen mittelst des Quarzspectrographen gesetzt worden (E. u. V.).

[1]) 2836, 2478 und 2296 sind besonders charakteristisch.

Kohlensäure-Atmosphäre nicht gelungen, indem die aus Marmor und Salzsäure bereitete Kohlensäure, wahrscheinlich weil Luftbläschen im Marmor eingeschlossen waren, stets Spuren von Stickstoff enthielt.

Es ist bemerkenswert, dass Hartley und Adeney unter den von ihnen gemessenen Kohlenlinien auch solche von den Wellenlängen $\lambda = 3881 \cdot 9$, $3870 \cdot 7$, $3589 \cdot 9$, $3584 \cdot 8$ aufnahmen, welche nach obigen Ausführungen als die Anfangskanten der Cyanbanden bezeichnet und aus der Liste des Linienspectrums der Kohle gestrichen werden müssen. Liveing und Dewar hatten bei ihren älteren Arbeiten über das Graphit-Funkenspectrum diese Linien nicht verzeichnet, sondern diese wurden erst als «neue Kohlenlinien von Hartley und Adeney (a. a. O.) aufgestellt. Für den Spectroskopiker, welcher mit dem Linienspectrum der Kohle zu thun hat, insbesondere im Falle er mit imprägnierten Kohlenelektroden arbeitet, ist das Auftreten der Haupt-Cyanlinien von Interesse.

Wie weiters aus dem Vergleiche der von uns ermittelten Wellenlängen für das Funkenspectrum der amorphen Kohle und denjenigen des Graphit ersichtlich ist, kommt beiden dasselbe Linienspectrum zu. Nach dem Gesagten sind daher als Linien des elementaren Kohlenstoffspectrums eben nur die in der Tabelle auf pag. 68 angegebenen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach nur dem Kohlenstoff angehören, aufzunehmen.

Bezüglich des Linienspectrums der elementaren Kohle, wie es im Funkenspectrum zwischen Kohlenelektroden auftritt, ist zunächst zu bemerken, dass es nicht mit den Linien der Kohlenbanden identisch ist, welche im galvanischen Lichtbogen zwischen Kohlenelektroden auftreten; dies ergibt sich unmittelbar aus dem Vergleiche der charakteristischen Anfangskanten der Kohlenbanden Nr. II und III (im Kohlenflammenbogen nach Kayser und Runge), deren Wellenlängen die folgenden sind, mit dem Funkenspectrum des elementaren Kohlenstoffes (s. unsere Tabelle):

	λ
Erste Kante der C-Bande Nr. II im Kohlenflammenbogen	5635·4
Zweite Kante	5585·5
Dritte Kante	5540·9
Erste Kante der C-Bande Nr. III	5165·3
Zweite Kante	5129·4
Erste Kante der C-Bande Nr. IV	4737·2
Zweite Kante	4715·3
Dritte Kante	4697·6
Erste Kante der C-Bande Nr. V	4381·9
Zweite Kante	4371·3
Dritte Kante	4365·0

Alle diese charakteristischen Linien fehlen in dem von uns beschriebenen Linienspectrum des elementaren Kohlenstoffes, welches somit als das wirkliche Linienspectrum des elementaren Kohlenstoffes zu bezeichnen ist.

II. Funkenspectrum zwischen Kohlenelektroden in atmosphärischer Luft.

Bringt man Elektroden aus gereinigter und leitend gemachter Kohle an den Funkengeber unter Zutritt der atmosphärischen Luft an und lässt den starken Inductionsfunken überschlagen, so entsteht:

1. Dasselbe Linienspectrum der Kohle, wie in einer Wasserstoff- oder Kohlensäure-Atmosphäre (s. vorher).

2. Das sogenannte Luftspectrum, welches sehr kräftig hervortritt und der unvermeidliche Begleiter der Funkenspectren in analogen Fällen ist (auch bei Metallen). Es ist in Taf. IV, Fig 4, deutlich sichtbar und erschwert sehr das Auffinden der Kohlenlinien im weniger brechbaren Theile, wenn man mit Spectroskopen von geringerer Dispersion arbeitet, da die Luftlinien vermöge ihrer kräftigen photographischen Wirksamkeit stark hervortreten.

3. Neben dem Luftspectrum treten die Cyanbanden auf.

Im photographischen Negative tritt die Cyanbande Nr. 2, vor Allem aber die höchst intensiv entwickelte Cyanbande Nr. 3 und dann die Cyanbande Nr. 4 auf.

Taf. IV, Fig. 4 gibt ein deutliches Bild dieser Erscheinung, welche mittelst des Quarzspectrographen bei kleiner Spaltöffnung und Verwendung eines grossen Inductoriums, sowie mehrerer Leydener-Flaschen photographiert wurde. Die Zugehörigkeit der stark verworrenen Liniengruppen zu Luft, Cyan und Kohlenstoff ist an dieser Figur angedeutet.

Die im Funkenspectrum der Holzkohle bei Gegenwart von Luft auftretenden Cyanbanden wurden von uns zur völligen Identificierung mit den im galvanischen Lichtbogen (Kohlenelektroden an der Luft) auftretenden Cyanbanden einer genauen Messung unterzogen und zwar wurden die scharfen dem Roth zugewendeten Anfangskanten der Cyanbanden gemessen, welche bekanntlich gegen Roth hin scharf begrenzt, aber gegen das brechbare Ende allmählich abschattiert sind und aus zahlreichen feinen Linien bestehen. Neben diesen von uns ausgemessenen Kanten sind vergleichsweise die Kayser-Runge'schen Wellenlängen der Cyanbanden im galvanischen Lichtbogen in unserer Tabelle angeführt und zwar die charakteristischen Anfangskanten der intensivsten Cyanbanden, welche selbst mit Spectralapparaten von geringer Dispersion leicht auffindbar sind.

Cyanbande Nr. 2,	erste Kante	4216
	zweite „	4197
	dritte „	4181
	vierte „	4167
	fünfte „	4157
Cyanbande Nr. 3,	erste Kante	3884
	zweite „	3872
	dritte „	2862
	vierte „	3855
Cyanbande Nr. 4,	erste Kante	3590
	zweite „	3586
	dritte „	3584

In Taf. IV, Fig. 4, sind diese Cyanbanden näher bezeichnet; dieselben machen sich sehr aufdringlich bemerkbar, so zwar, dass sie andere Linien, welche in denselben Bezirken liegen, oft gänzlich verdecken, wenn man Spectrographen von geringerer Dispersion verwendet.

Deshalb soll die Gegenwart von Luft vermieden werden, sobald Linienmessungen im Kohlenspectrum zu machen sind.

Die Porosität der Holzkohle begünstigt die Entstehung der Cyanbanden, indem der in den Poren der Kohle absorbierte Stickstoff der atmosphärischen Luft die Vereinigung mit dem Kohlenstoff zu Cyan zur Folge hat. Die Holzkohle gibt diese Cyanbanden sowohl beim starken Flaschenfunken als auch mit schwachem Inductionsfunken ohne Flaschen, während dieselben bei Graphitelektroden viel schwächer auftreten.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass man bei nahe gestellten Kohlenelektroden und schwachem Funken an der atmosphärischen Luft in der Aureole des Funkens Andeutungen des Kohlenoxydspectrums findet; dieselben verschwinden bei Anwendung eines kräftigen Flaschenfunkens. Störende Nebenerscheinungen beobachteten wir, wenn das Kohlenfunkenspectrum in mit Luft erfüllten geschlossenen Glasgefässen erzeugt wird. Der Funke bewirkt in kürzester Zeit die Bildung von rothen Dämpfen der Untersalpetersäure, welche sich bald derartig vermehren, dass das Emissionsspectrum des Funkens eine Absorption in der mit rothen Untersalpetersäuredämpfen erfüllten Atmosphäre erleidet.

III. Funkenspectrum zwischen mit Wasser befeuchteten Kohlenelektroden in einer Atmosphäre von Wasserstoff oder Kohlensäure.

Wird mittelst geeigneter Vorrichtungen (s. vorher) Holzkohle mit Wasser stark befeuchtet und der Inductionsfunke zwischen derartigen Elektroden erzeugt, so entstehen je nach der Art des Funkens

mehrere Spectren von ganz verschiedenem Aussehen. Wir reproducieren vier derartige Spectrumphotographien in Fig. 8 bis 11, Taf. IV, und zwar:

Fig. 8	Nasse Kohlenelektroden in Wasserstoff . .	Funke mit 3 Flaschen
„ 9	„ „ „ „ . .	Funke ohne Flaschen
„ 10	„ „ „ Kohlensäure . .	Funke mit 3 Flaschen
„ 11	„ „ „ „ . .	Funke ohne Flaschen.

Die hiebei auftretenden Erscheinungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Nasse Holzkohle gibt mit dem kräftigen, durch Leydener-Flaschen verstärkten Inductorium in einer Wasserstoffatmosphäre einen ziemlich hellen rothvioletten Funken. Die verbreiterten Wasserstofflinien und alle Kohlenlinien treten ebenso schon nach einer Belichtungszeit von wenigen Minuten auf, wie bei trockener Kohle im Wasserstoff. In ganz analoger Weise gibt nasse Kohle in Kohlensäure-Atmosphäre die Sauerstoff- und Kohlenstofflinien. In beiden Fällen treten schwache Andeutungen der Wasserbanden auf und zwar insbesondere die lichtstärkste ultraviolette Wasserbande α (Bezeichnung nach Eder), deren charakteristische Grenzlinie bei $\lambda = 3063$ liegt. Enthält das zur Befeuchtung der Kohlenelektroden verwendete Wasser Mineralsalze gelöst, so erscheinen deren Spectrallinien sehr kräftig, zum Beispiel $CaCl_2$, $SiCl_4$, $NaCl$ etc.[1]).

2. Ein ohne Leydener-Flaschen zwischen nassen Kohlenelektroden erzeugter Inductionsfunke ist lichtärmer und von bläulicher Farbe. Im sichtbaren Theile zeigen sich gar keine Linien ausser jenen, welche von etwa vorhandenen verunreinigenden Metallsalzen herrühren. Nach mehrstündiger Belichtungszeit erhielten wir aber wohldefinierte Spectrumphotographien im Ultravioletten. Es zeigte sich unter diesen Umständen bei Verwendung von nasser Kohle in einer Wasserstoffatmosphäre vor Allem ein kräftiges Wasserdampfspectrum (s. Fig. 9) und zwar sowohl die Wasserbande α, als auch β, deren Grenzlinien bei $\lambda = 3063$ und 2811 liegen und welche aus zahlreichen feinen Linien bestehen. Auch in einer Kohlensäure-Atmosphäre gibt die nasse Holzkohle ohne Anwendung von Leydener-Flaschen vor Allem die genannten Wasserbanden und zwar relativ noch heller als in einer Wasserstoffatmosphäre (s. Fig. 11). Die Gasspectren treten in beiden Fällen zurück und zwar ebensowohl das Wasserstoffspectrum in einem Falle, wie auch das Sauerstoffspectrum im anderen Falle (Kohlensäure-Atmosphäre).

Auch das Linienspectrum der Kohle selbst tritt nur sehr schwach und in seinen kräftigsten Hauptlinien auf. Namentlich sind die brechbarsten Linien im Funkenspectrum der nassen Kohle ohne Flaschen in einer Wasserstoffatmosphäre fast unauffindbar. Der Inductionsfunke ohne Flasche begünstigt also das Entstehen der Wasserdampfbanden und lässt die Elementenspectren zurücktreten, während der mit Hilfe von Leydener-Flaschen verstärkte Inductionsfunke das Entstehen der Elementenspectren begünstigt, so dass im letzteren Falle Kohle- und Metallspectren deutlicher hervortreten, daneben aber auch die Wasserstoff- und Sauerstofflinien und ein schwaches Wasserspectrum. Am wenigsten sind störende, fremde ultraviolette Spectrallinien bei Anwendung von reinen, nassen Kohlenelektroden und eines kräftigen Flaschenfunkens vorhanden, da in diesem Falle ausser dem Kohlenstoff nur die Hauptlinien des Wasserstoffes ($H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$) und schwache Wasserbanden auftreten. Die Entstehung starker Wasserbanden ist oft unerwünscht, da dieselben sehr breit sind und in ihrem Bezirke alle fremden schwächeren Linien verdecken.

[1]) Die Calciumlinien treten sogar oft kräftiger auf als die Kohlenlinien, selbst wenn nur Spuren von Calciumsalzen im Tropfwasser vorhanden sind, unter sonst gleichen Umständen. Silicium tritt nur in den Hauptlinien auf und ist weniger aufdringlich als Calcium. Das Auftreten von Calciumlinien kann unter Umständen ganz gut verwertet werden, indem man diese schmalen, scharfen Linien als Leitlinien verwenden kann.

IV. Funkenspectrum der nassen Kohle an der Luft.

Schlägt der ohne Leydener-Flaschen hergestellte Inductionsfunke zwischen mit Wasser befeuchteten Kohlenelektroden an der Luft über, so entsteht

1. ein starkes Spectrum des Wasserdampfes, nämlich die Wasserbanden α und β;
2. ferner tritt das Linienspectrum der elementaren Kohle (in seinen Hauptlinien) hervor;
3. erscheint das ultraviolette Ammoniakspectrum mit seinen charakteristischen Banden α, β und γ;
4. das eigentliche, aus zahlreichen Linien bestehende wohlbekannte Luftspectrum, welches bei trockenen Kohlenelektroden an der Luft mit starkem Flaschenfunken leicht entsteht, tritt zurück und an dessen Stelle erscheint das Stickstoff-Bandenspectrum. Dadurch gewinnt das Funkenspectrum der nassen Kohle an der Luft ein ganz eigenthümliches Aussehen, wie aus Fig. 5, Taf. IV, ersichtlich ist.

Das hier vorliegende Stickstoff-Bandenspectrum ist das sogenannte Stickstoff-Bandenspectrum des positiven Poles nach Hasselberg[1]), welches Angström und Thalén[2]) wahrscheinlich irrthümlich für das Spectrum der Untersalpetersäure ansahen. Bekanntlich gibt der Stickstoff zwei verschiedene Bandenspectren, welche das Glimmlicht (Aureole) des an der Luft zwischen Kohlen- oder Metallelektroden überspringenden Funkens verursacht, das am positiven und negativen Pole verschieden ist. Das letztere Glimmlichtspectrum tritt viel schwächer auf als das erstere. Genaue Messungen dieses Stickstoff-Bandenspectrums gaben Angström und Thalén und Hasselberg.

Es ist bemerkenswert, dass das Spectrum des Glimmlichtes an freier Luft oder im reinen Stickstoff, sowohl bei gewöhnlichem Luftdrucke, als auch in verdünnter Luft, im Geissler-Rohre auftritt. Da nach Angström und Thalén sich bei Überschlagen des elektrischen Funkens an der Luft, speciell am positiven Pole, viel Untersalpetersäure bildet, so schreiben sie das Bandenspectrum des Stickstoffes am positiven Pole eben dem Stickstoffdioxyd zu. Diese Ansicht wurde jedoch bekämpft und das fragliche Spectrum wird heute allgemein dem Stickstoff selbst zugeschrieben[3]), während man das Bandenspectrum des Stickstoffes am negativen Pole als ein zweites, ebenfalls dem elementaren Stickstoff zugehöriges Spectrum betrachtet.

Hasselberg führt mit Hilfe der Photographie die genaue Ausmessung des Stickstoffspectrums in Geissler'schen Röhren und zwar am positiven Pole und am negativen Pole durch («Mémoires de l'académie des sciences de St. Pétersbourg», III. série, t. XXXII, Nr. 15, 1885) ohne sich auf die Frage des Ursprunges des Spectrums am positiven Pole näher einzulassen; er schreibt das Spectrum dem Stickstoff selbst zu. Die Anfangskanten der brechbaren Stickstoffbanden in Geissler'schen Röhren bestimmte Deslandres («Compt. rend.», 1866, Bd. CIII, pag. 375).

Für unsere Untersuchungen gewann dieses Stickstoff-Bandenspectrum am positiven Pole ein besonderes Interesse, weil es unter gewissen Umständen sehr deutlich im Spectrum des an der Luft zwischen Kohlenelektroden überschlagenden Inductionsfunkens auftritt, dagegen mitunter ganz zurücktritt. Das Spectrum der nassen Kohle an der Luft im Inductionsfunken ohne Leydener-Flaschen weist nämlich die in der oberen Tabelle auf pag. 73 enthaltenen ultravioletten Stickstoffbanden auf.

Die Anfangskanten dieser Stickstoffbanden sind wohl ziemlich scharf zu messen, aber sie verbreitern sich etwas bei längerer Belichtung und sind bei Atmosphärendruck nicht so scharf, als im Stickstoffe bei vermindertem Gasdrucke; deshalb haben wir die Wellenlängen dieser Kanten nur auf vier Stellen annähernd genau angegeben.

---

[1]) Watts: «Index of Spectra». — Hasselberg: Mém. Acad. St. Pétersbourg, 1885, Nr. 15, Bd. XXXII.

[2]) Angström und Thalén: «Recherches sur les spectres des métalloides», 1875; Upsala Nova Act. Reg. Soc. Sc. Ups., Ser. III.

[3]) Vergl. Kayser: «Spectralanalyse», 1883, pag. 297.

5. Im Spectrum der nassen Holzkohle an atmosphärischer Luft tritt übrigens bei langer Belichtung und unter Anwendung des Inductionsfunkens ohne Leydener-Flasche das ultraviolette Banden-spectrum des Ammoniak (Emissionsspectrum des Ammoniak) auf, dessen Auftreten unter diesen

Wellenlängen			
der Anfangskanten der Stickstoffbanden und zwar gemessen an der scharfen, dem Roth zugewendeten Seite im Funkenspectrum der nassen Kohle an der Luft	Intensität	im Stickstoff-Banden-spectrum am positiven Pole nach Hasselberg und Deslandres	
4270	1	4269	Hasselberg
4200	1	4201	Hasselberg
4141	1	4141	Hasselberg
4058	5	4059	Hasselberg
3997	4	3998	Hasselberg
3942	3	3941·5	Deslandres
3803	8	3804·2	Deslandres
3755	7	3754·4	Deslandres
3711	1	3709·3	Deslandres
3683	1		
3639	1	3640·9	Deslandres
3576	9	3576·0	Deslandres
3536	7	3536·4	Deslandres
3499	2	3499·1	Deslandres
3369	10	3370·8	Deslandres
2976	6	2976·1	Deslandres
2962	5	2960·8	Deslandres
2953	4	2952·4	Deslandres

Verhältnissen früher noch nicht bekannt war und dessen Identitätsnachweis durch Vergleich mit Eder's Ammoniakbanden (γ, δ, ε, ζ) gelang[1]. Die ultravioletten Ammoniakbanden sind sehr charakteristisch; zum Nachweise der Zugehörigkeit der im Spectrum der nassen Kohle an der Luft entstandenen Banden zum Ammoniak wurden von uns in diesem Spectrum einige Hauptbanden gemessen.

Es ergab sich:

Anfangskanten der fraglichen Banden im Funkenspectrum (ohne Flasche) der nassen Kohle bei Luftzutritt Eder—Valenta	Ammoniak-Banden im Ammoniak-Flammenspectrum nach Eder	
λ (A. E.)	Ammoniakbande δ	λ (A. E.)
2594		*a* 2594·7
2593		*b* 2593·4
2587		*c* 2586·8
2585		*d* 2585·3
	Ammoniakbande ε	
2478		*a* 2478·0
2477		*b* 2476·6
2471		*c* 2470·7
2469		*d* 2469·5

Die übrigen Banden wurden nicht weiter gemessen, weil ihre Coïncidenz mit den Ammoniak-banden deutlich war und obige Messungen zur Identificierung genügen.

[1]) Eder: Vergl. pag. 32 dieser Abhandlungen.

Schliesslich erwähnen wir noch, dass mineralische Nebenbestandtheile, welche unmittelbar mit dem Ammoniak nichts zu thun haben, das Auftreten der Ammoniakbanden im Funkenspectrum der nassen Kohle ohne Flaschen auffallend fördern; so tritt zum Beispiel bei Verwendung einer Chlorcalciumlösung oder wässerigen Salzsäure an Stelle von Wasser zum Befeuchten der Kohle das Ammoniakspectrum viel früher und kräftiger auf, als wenn reines Wasser zum Befeuchten der Kohle gedient hätte.

Über die günstigsten Bedingungen zur Herstellung von Metallspectren mittelst Holzkohlenelektroden, welche mit Metallsalzlösungen imprägniert sind.

Der Vergleich der Spectralerscheinungen im Inductionsfunken zwischen Kohlenelektroden ist namentlich bezüglich der Verwendung der Bunsen'schen Kohlenspitzen für die Zwecke der Prüfung von Metallsalzen im ultravioletten Theil des Spectrums mit Hilfe der photographischen Methoden von Belang. Es ergibt sich, dass das Spectrum der Kohle in einer Wasserstoffatmosphäre, sowohl bei trockener als bei nasser Kohle, die wenigsten Linien aufweist und diese Anordnung unter Benützung eines kräftigen Inductionsfunkens am geeignetsten ist, wenn es sich um die Herstellung von Metallspectren mittelst Kohlenelektroden, welche mit den entsprechenden Salzlösungen befeuchtet worden sind, handelt. Einen guten Beleg für die Verwendbarkeit der Methode erhielten wir bei Gelegenheit der Prüfung von Chlorsilicium und Kiesel-Flussäure, welche wir in der gleichzeitig von uns publicierten Abhandlung «Über das Emissionsspectrum des Siliciums und den spectrographischen Nachweis dieses Elementes» (s. pag. 75 dieser Abhandluugen) vornahmen. Hiebei kam uns die geringe Anzahl von Kohlenstofflinien im brechbarsten Theile des Kohlenspectrums sehr zu statten. Die Methode erweist sich für das Studium der Emissionsspectren von Flüssigkeiten im Ultraviolett als leicht und sicher durchführbar.

Das Emissionsspectrum des elementaren Siliciums und der spectrographische Nachweis dieses Elementes.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien am 19. Jänner 1893.)

Das krystallisierte Silicium gibt ein deutliches Linienspectrum, wenn man den Inductionsfunken zwischen derartigen Elektroden durchschlagen lässt. Das gleiche Spectrum tritt auf, wenn kräftige Funken durch eine Atmosphäre von Siliciumchlorid oder Siliciumfluorid durchschlagen. Das Emissionsspectrum des Siliciums war mehrfach der Gegenstand von Untersuchungen. Plücker beschreibt in einer Abhandlung über «Die Constitution der elektrischen Spectra der verschiedenen Gase und Dämpfe» (Poggendorff's Annal., 1859, Bd. CVII, pag. 531) das Spectrum des Siliciumchlorides in Geissler'schen Röhren. Er fand (neben Wasserstoff und Chlorlinien) einen dem Chlorsilicium angehörigen rothen Streifen ($Si\,Cl_3 - \alpha$ von $\lambda = 6329$, einen etwas schwächeren Streifen im Orange ($Si\,Cl_3 - \beta$) von $\lambda = 5978$ und einen ebensolchen grünen Doppelstreifen mit einer hellen Linie in der Mitte $\left(\lambda = \begin{cases} 5050 \\ 5036 \end{cases}\right)$, dann zwei dunkelviolette Streifen, deren Mitte er ausmass, welche aber unsicher waren. Plücker bemerkte ferner auch, dass Bromsilicium im Rohre das reine Spectrum des Broms gab.

Troost und Hautfeuille beschrieben zuerst das Spectrum des Siliciums, welches sie mittelst eines Inductionsfunkens, der zwischen Elektroden von Silicium oder Platin in einer Atmosphäre von Chlor- oder Fluorsilicium überschlägt, erhielten. Dasselbe Spectrum tritt auch zwischen Siliciumelektroden an der Luft auf.

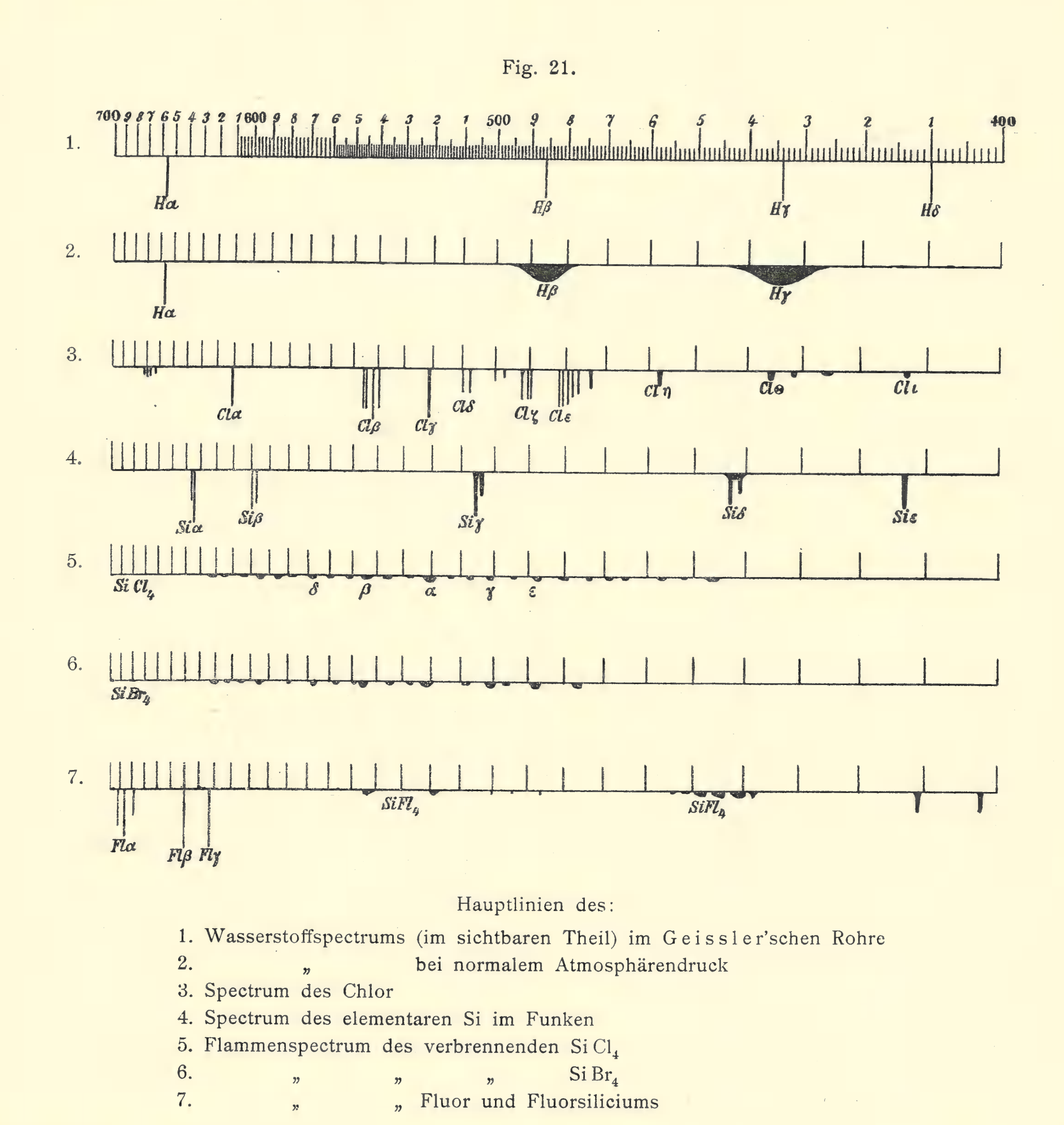
Troost und Hautfeuille geben keine Messungen der Wellenlängen, sondern beziehen die auftretenden Linien auf willkürliche Scalentheile ihres Spectroskopes. Nach den Genannten enthält das Siliciumspectrum brillante Linien aller Farben mit drei Maximas, von denen das eine nahe der Fraunhofer'schen Linie *E* liegt, das zweite aus zwei brillanten Linien zwischen Grün und Blau besteht und das dritte als Band im Indigoblau zwischen 76 und 78 nahe der Fraunhofer'schen Linie *H* auftrat («Compt. rend.», 1872, Bd. LXXIII, pag. 620).

Salet theilte mit, dass sich das elementare Linienspectrum des Siliciums im Funkenspectrum aller Haloïd-Siliciumverbindungen wiederfindet[1]). Er gibt die Wellenlängen der charakteristischen Hauptlinien

[1]) Salet: Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris «sur les spectres des métalloides», Paris 1872. Ferner Salet: Annal. de Chim. et Phys., 1873, Ser. IV, Bd. XXVIII, pag. 65.

(s. später) und die in Fig. 21 reproducierte Zeichnung des Siliciumspectrums. Ferner studierte Salet das zuerst von Mitscherlich gefundene Spectrum des Chlorsiliciums, Bromsiliciums und Fluorsiliciums genauer. Diese Verbindungsspectren entstehen beim Verbrennen einer Mischung von Wasserstoff mit den betreffenden Halogen-Siliciumdämpfen; mit Siliciumwasserstoff dagegen erhielt Salet keine charakteristischen Spectra, da dieser Körper zu leicht zerfällt.

Fig. 21.



Hauptlinien des:

1. Wasserstoffspectrums (im sichtbaren Theil) im Geissler'schen Rohre
2. „ bei normalem Atmosphärendruck
3. Spectrum des Chlor
4. Spectrum des elementaren Si im Funken
5. Flammenspectrum des verbrennenden $Si Cl_4$
6. „ „ „ $Si Br_4$
7. „ „ Fluor und Fluorsiliciums

Von den Spectren des Chlor- und Bromsiliciums gibt Salet die Zeichnung Fig. 21 und theilt die Wellenlängen der charakteristischen Linien mit (s. später). Ein ähnliches Verbrennungsspectrum erhielt Mitscherlich mittelst Fluorsilicium und Wasserstoff [1].

Ciamician [2]) untersuchte das Linienspectrum des Siliciums unter Zuhilfenahme von Chlor- und Fluorsilicium und eines Inductionsfunkens, wie dies Salet gethan. Er gibt, ähnlich wie dies bei Kohlenstoff der Fall ist, zwei Spectren für Silicium an, nämlich ein Siliciumspectrum erster und ein solches zweiter Ordnung. Das Linienspectrum zweiter Ordnung entsteht nach Ciamician nur mit Hilfe starker Flaschenentladungen, am besten unter Verwendung einer Holz'schen Maschine. Bei schwachen Entladungen

---

[1]) Poggendorff's Annal. d. Phys. u. Chem., 1863, Bd. CXXI, pag. 459.

[2]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien 1880, Bd. LXXXII, 2. Abth., pag. 435.

entstehen auch die gestreiften Banden des Siliciumspectrums erster Ordnung (analog dem Swan'schen Kohlenstoffspectrum, welches einer niederen Temperatur entspricht).

Das Linienspectrum erster Ordnung ganz frei von Linien des Spectrums zweiter Ordnung konnte Ciamician nicht erhalten. Die Angabe von Wellenlängen fehlt bei Ciamician; man ist deshalb gezwungen, sich auf seine mangelhaften Photographien und Zeichnungen der Spectren zu beschränken.

Das ultraviolette Spectrum des Siliciums ist nur wenig bekannt; einige der Hauptlinien desselben wurden von Hartley beschrieben und auch deren Wellenlängen angeführt (s. nachfolgend unsere Tabelle).

Uns erschien die genaue Untersuchung des Linienspectrums des Siliciums von besonderem Belang, da wir gelegentlich der Untersuchung der Spectren der Erdalkalimetalle, sowie jener von amorpher Kohle auf viele mitunter sehr kräftige Linien stiessen, welche auf Verunreinigungen der genannten Metalle durch Silicium zurückzuführen waren. Da wir nun ausser den bekannten Linien des Siliciums auch Linien im Ultraviolett fanden, welche uns nicht bekannt waren, deren Ursprung wir aber in einem Gehalte der Erdalkalimetalle an Silicium vermutheten, ohne dass wir uns darüber aus den bisherigen Angaben Gewissheit verschaffen konnten, so unterzogen wir das Spectrum des Siliciums einer genauen eingehenden Untersuchung. Zunächst fassten wir zu diesem Zwecke Krystalle von Silicium in Hülsen von Platinblech und liessen den mit Leydener-Flaschen verstärkten Funken eines grossen Inductoriums überschlagen; dies geschah bei Luftzutritt. Das Spectrum des Siliciums wurde nun mittelst des bereits in einer früheren Abhandlung beschriebenen Quarzspectrographen photographiert. Die Vorproben zeigten bald, dass unser Silicium mit Eisen und Aluminium verunreinigt war. Wir trachteten nun, die Linien dieser Elemente aus dem Spectrum des Siliciums zu eliminieren, was uns auch dadurch gelang, dass wir das Funkenspectrum der genannten Metalle unter dasjenige des Siliciums mit Hilfe der Lokyer'schen Spaltriegel photographierten, während auf der anderen Seite unser Orientierungsspectrum, mittelst einer Legierung von Blei, Cadmium und Zink hergestellt, einphotographiert wurde, um die Wellenlängen der fraglichen Siliciumlinien ausmessen zu können. Da es sich in der Folge herausstellte, dass infolge der verwendeten sehr kleinen Krystallsplitter von Silicium, welche nur zum kleinen Theile aus der Platinfassung hervorsahen, der überschlagende Funke zuweilen seinen Ausgangspunkt von den Rändern der Platinhülsen nahm, so befürchteten wir das Mitauftreten von Platinlinien und photographierten zur eventuellen Eliminierung derselben aus dem Siliciumspectrum unter das Siliciumspectrum noch das Platin-Funkenspectrum unter Benützung der gleichen Platinsorte, aus welcher die Fassungen der Siliciumsplitter bestanden, als Elektroden. In der That hatten sich auch einige wenige Platinlinien in das Siliciumspectrum eingeschlichen, deren Eliminierung uns auf diese Weise leicht gelang. Die Ergebnisse der Messungen der Siliciumlinien sind in der nachfolgenden Tabelle mitgetheilt und zwar sind unsere Wellenlängen auf das Rowland'sche Normalspectrum, respective auf Kayser und Runge's Zahlen reduciert. Des Vergleiches halber führen wir die im sichtbaren Theile von Salet und Plücker aufgefundenen Siliciumlinien und deren Wellenlängen an, ebenso die von Hartley angegebenen Linien im ultravioletten Theile des Spectrums. Die Rowland'schen Zahlen in der dritten Rubrik beziehen sich auf das Bogenspectrum. Es ist bemerkenswert, dass das Bogen- und Funkenspectrum des Siliciums sehr ähnlich ist; eine der Hauptlinien (2541) ist jedoch im Funken stark, im Bogen fehlend oder schwach.

Es geht daraus hervor, dass wir zufolge unserer Untersuchungen die Zahl der zehn bekannten ultravioletten Siliciumlinien des Funkens wesentlich vermehrt haben und zwar erstrecken sich die von uns entdeckten neuen charakteristischen Siliciumlinien um ein beträchtliches Stück weiter ins Ultraviolett, als bis jetzt bekannt war; die brechbarste ultraviolette Siliciumlinie von $\lambda = 1929$ wurde zuerst von V. Schumann in Leipzig gefunden und sind wir durch eine private briefliche Mittheilung des Herrn Schumann auf diese Linie aufmerksam gemacht worden; wir nehmen diese Linie mit in unser Verzeichnis auf.

Tabelle über die Wellenlänge der Linien im Emissionsspectrum des Siliciums[1]).

	Salet[2]) Siliciumspectrum mittelst		Plücker Si Cl_4	Funkenspectrum		Intensität	Bemerkungen
	Si	Si Cl_4		Hartley und Adeney	Eder und Valenta		
	λ	λ	λ	λ	λ (A. E.)	*i*	
Orange	637	6365	6329	—	—	—	
	635	6340		—	—	—	
	599·3	5980	5978	—	—	—	
	597	5959		—	—	—	
Grün	505·8	5056	5050	—	—	—	
	504·0	5040	5036	—	—	—	
Blau	443 (?)	4565		—	—	—	
	441 (?)			—	—	—	
Violett	413	4129		—	4131·0	4	verbreitert
				—	4128·2	4	
	389	3900	Bogenspectrum nach Rowland	—	3905·80	3	diese Linien erscheinen zwischen Siliciumelektroden an der Luft schwach; im Dampf von Chlorsilicium treten sie kräftig und verbreitert hervor
Ultraviolett	—	—		—	3862·75	3	
	—	—		—	3856·20	3	
	—	—		—	3854·00	1	verbreitert, undeutlich
	—	—	—	—	3834·4	1	
	—	—	—	—	3826·7	1	
	—	—	—	—	3795·9	2	
	—	—	—	—	3791·1	1	
	—	—	—	—	3191·1	1	
	—	—	—	—	3086·8	1	
	—	—	2987·766	—	2987·77	4	
	—	—	2881·695	2881·0	2881·70	10	Hauptlinie
	—	—	—	—	2689·8	1	
	—	—	—	—	2677·4	1	
	—	—	—	—	2673·3	1	
	—	—	—	—	2659·0	1	
	—	—	2631·392	2631·4	2631·39	8	Hauptlinie
	—	—	—	—	2568·8	2	
	—	—	—	2541·0	2541·89	8	Hauptlinie
	—	—	—	—	2534·7	1	
	—	—	—	—	2533·2	4	
	—	—	2528·599	2528·1	2528·60	8	besonders charakteristische Liniengruppe
	—	—	2524·206	2523·5	2524·21	8	
	—	—	2519·297	2518·5	2519·30	8	
	—	—	2516·210	2515·5	2516·21	10	
	—	—	2514·417	2513·7	2514·42	7	
	—	—	2506·994	2506·3	2506·99	8	
	—	—	—	—	2479·8	1	
	—	—	2452·219	—	2452·22	3	
	—	—	—	—	2446·0	3	
	—	—	2443·460	—	2443·46	2	
	—	—	2438·864	—	2438·86	2	
	—	—	2435·247	2435·5	2435·25	8	Hauptlinie
	—	—	—	—	2356·9	1	
	—	—	—	—	2303·3	1	
	—	—	2263·507	—	—	—	
	—	—	—	—	2219·5	1	
	—	—	2218·146	—	2218·15	1	
	—	—	2216·760	—	2216·76	4	charakteristische Liniengruppe
	—	—	2211·759	—	2211·8	3	
	—	—	—	—	2210·9	3	
	—	—	2208·060	—	2208·1	3	
	—	—	—	—	2122·8	2	Hauptlinie
	—	—	—	—	1929·0	1	nach V. Schumann

[1]) Die Wellenlängen der Linien in dieser Tabelle sind in Angström'schen Einheiten ausgedrückt. Die Wellenlängenmessungen des Spectrums des Siliciums wurden im Jahre 1898 von Eder und Valenta mit einem grossen Concavgitter neu bestimmt (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. CVII, Jänner 1898). Die Zahlenwerte obiger Tabelle enthalten diese revidierten Zahlen.

[2]) Entnommen aus: Salet, Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris «sur les spectres des métalloides», Paris 1872.

Bezüglich des sichtbaren Theiles des Siliciumspectrums ist zu bemerken, dass die Siliciumlinien $\lambda = \begin{Bmatrix} 5056 \\ 5040 \end{Bmatrix}$, sowie die Linie $\lambda = 4565$ verbreitert erscheinen und zwar ist die Begrenzung nach der stärker brechbaren Seite des Spectrums hin eine schärfere. Soweit nach der von Ciamician gegebenen Zeichnung zu urtheilen ist, dürften dies jene Linien sein, welche Ciamician einem zweiten Spectrum des Siliciums zuschreibt, welches Spectrum dem Swan'schen Spectrum des Kohlenstoffes analog sein soll. Die Siliciumlinie $\lambda = \begin{Bmatrix} 5056 \\ 5040 \end{Bmatrix}$ ist nebelig, wenn man mit Chlorsilicium bei gewöhnlichem Drucke arbeitet, aber bei Anwendung von Fluorsilicium in Geissler'schen Röhren treten diese Linien scharf hervor und lassen sich gut als Doppellinien erkennen[1]). Jedenfalls stimmt die von Salet gegebene Zeichnung mit jener von Ciamician[2]) nicht überein. Um den Vergleich zu erleichtern, reproducierten wir Salet's Zeichnung in Fig. 21 und bemerken hiezu, dass dieselbe auf Grund der Wellenlängenbestimmungen durchgeführt ist, während Ciamician blos das gesehene Spectrumbild zeichnete, weshalb im letzteren Falle die Discussion unmöglich wird, ob fremde Linien oder Verbindungsspectren in Ciamician's Siliciumspectrum vorkommen.

Aus dem Verzeichnisse der von uns ausgemessenen Siliciumlinien geht zunächst hervor, dass die Angaben Salet's und Plücker's schon im blauen und violetten Theile des Spectrums sehr unsicher werden. Dies ist auf die geringe optische Helligkeit dieser Bezirke, respective der in diesen Bezirken liegenden Siliciumlinien und auf die relative Unempfindlichkeit des Auges für derartige Farben zurückzuführen.

Die von Salet mit $\lambda = 4129$ angegebene Siliciumlinie fanden wir als Doppellinie von der Wellenlänge $\lambda = \begin{Bmatrix} 4131 \cdot 0 \\ 4128 \cdot 2 \end{Bmatrix}$, desgleichen fanden wir zu Anfang des Ultraviolett drei ziemlich starke Linien ($\lambda =$ 3905, 3862 und 3856) und zahlreiche feine Linien. Die Hauptlinien sind $\lambda = 2881$, 2631, 2541 und die höchst charakteristische Bande $\lambda = 2528$ bis 2506, ferner die Linie $\lambda = 2435$.

Bis jetzt galt als die brechbarste Siliciumlinie, welche von Hartley aufgefunden wurde, die Linie $\lambda = 2435$. Wir fanden im brechbarsten Ultraviolett zahlreiche neue Siliciumlinien, welche in der Tabelle genau angegeben sind. Es ist bemerkenswert, dass unter diesen neuen brechbarsten Siliciumlinien sich eine Hauptlinie vorfindet neben einem Hauptbande von den Wellenlängen:

$$\lambda = \left.\begin{matrix} 2219 \cdot 5 \\ 2218 \cdot 15 \\ 2216 \cdot 76 \\ 2211 \cdot 8 \\ 2210 \cdot 9 \\ 2208 \cdot 1 \end{matrix}\right\} \text{Hauptbande}$$

$$2122 \cdot 8 \quad \text{Hauptlinie}$$

Die Hauptlinie steht zwar an Intensität hinter den vorhin genannten Hauptlinien zurück, tritt aber sowohl im Spectrum des elementaren Siliciums, wie auch bei Verwendung von Chlorsilicium etc. genügend deutlich hervor, wenn die Belichtung eine entsprechend lange war.

Nach Beendigung unserer Versuche mit elementarem Silicium wollten wir uns vergewissern, ob die von uns als Siliciumlinien angeführten Linien auch thatsächlich diesem Elemente angehören, oder ob

[1]) Annal. d. Chem. u. Phys., 1873, IV. Serie, Bd. XXVIII, pag. 65 und Salet: «Traité de Spectroscopie», 1888, pag. 203.
[2]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien 1880, mathem.-naturw. Cl., Bd. LXXXII, Juniheft.

sich nicht fremde Linien trotz aller angewandten Vorsichtsmassregeln eingeschlichen hatten. Deshalb unterzogen wir reines Chlorsilicium und reine Kieselfluorwasserstoffsäure[1]) unter verschiedenen Verhältnissen einer vergleichenden Untersuchung mit dem Funkenspectrum des elementaren Siliciums.

Das Chlorsilicium wurde in ein mit Quarzfensterchen versehenes Glasgefäss, das mit trockenem Wasserstoff gefüllt wurde und welches vorher sorgfältigst getrocknet worden war[2]), mittelst Trichterrohres einfliessen gelassen, während der Funke überschlug. Der Dampf des Chlorsiliciums wird schon bei gewöhnlichem Atmosphärendruck zerlegt und gibt selbst bei Anwendung eines mässig kräftigen Inductionsfunkens (ohne Leydener-Flaschen) ein relativ helles Spectrum. Der Funke zeigt hiebei eine blaue Farbe.

Das Funkenspectrum des Chlorsiliciums bei gewöhnlichem Atmosphärendrucke enthält ausser den Siliciumlinien noch Linien, welche dem Spectrum des Chlor angehören[3]). Das Emissionsspectrum des Chlor tritt jedoch niemals so auffallend hervor; immer dominiert das Siliciumspectrum. Das Chlorspectrum muss eliminiert werden, was durch Überphotographieren eines Spectrums, welches man erhält, wenn man den Funken von Zinkelektroden durch Chlorgas schlagen lässt, leicht möglich ist.

Der Funke im Chlorgas unter Atmosphärendruck ist hell: das Linienspectrum ist von Angström, Plücker und Salet studiert worden[4]). Letzterer gibt Fig. 21 (s. pag. 76) und die Wellenlängen.

Weitere Versuche, das Siliciumspectrum mit Zuhilfenahme von Siliciumchlorid herzustellen, wurden in der Weise gemacht, dass das Siliciumchlorid in eine mit einem Quarzfenster versehene Kugelröhre gebracht wurde, welche vorher mit trockenem Wasserstoffgas gefüllt worden war. Als Elektroden wurden, nach der von Bunsen angegebenen Methode, gereinigte Kohlenspitzen[5]) benützt, welche mit einer Tropfvorrichtung während des Funkenüberschlagens mit Siliciumchlorid betropft wurden. Unter diesen Umständen erhielten wir mittelst eines grossen Ruhmkorff ohne Anwendung von Leydener-Flaschen mit einer Belichtungszeit von $^1/_4$ bis $^5/_4$ Stunden gute Spectrumphotographien.

Wendet man starke Flaschenfunken an, so entsteht bei Chlorsiliciumdampf ebenso das lineare Spectrum des Siliciums, als wenn man ohne Leydener-Flaschen arbeitet. Im ersteren Falle treten nur die weniger brechbaren Linien bei $\lambda = \begin{Bmatrix} 5056 \\ 5040 \end{Bmatrix}$ und $\lambda = 4565$ etwas deutlicher, respective als breite Linien auf und somit ist, wenigstens soweit das ultraviolette Spectrum reicht, kein Anlass vorhanden, die Existenz eines zweiten Siliciumspectrums für schwache Entladungen anzunehmen.

In der mit Siliciumchloriddampf gesättigten Wasserstoffatmosphäre treten die Spectrallinien des Wasserstoffes fast ganz zurück, es dominieren die Siliciumlinien und zwar werden auf diese Weise sogar die brechbarsten Siliciumlinien erhalten. Die Dimensionen des Apparates mussten jedoch klein gehalten werden, da der Chlorsiliciumdampf in dickeren Schichten eine absorbierende Wirkung auf die brechbareren ultravioletten Strahlen des Siliciumspectrums ausübt, wodurch die Linien des brechbareren Theiles stark geschwächt werden.

Die Durchmusterung der auf diese Weise in einer H-Atmosphäre erhaltenen Spectrallinien ergibt zunächst das Auftreten von Wasserstofflinien und zwar im Roth der Linie $H\alpha \ldots \lambda = 6562$ und der stark verbreiterten Linien im Grün: $H\beta \ldots \lambda = 4861$, Blau: $H\gamma \ldots \lambda = 4340$, Indigo: $H\delta \ldots \lambda = 4101$.

---

[1]) Bezogen von Dr. Th. Schuchardt in Görlitz.

[2]) Spuren von Feuchtigkeit sind Ursache der Bildung von Kieselsäure, welche die Gefässwandungen beschlägt und trübe macht. Die genauere Beschreibung des Apparates s. pag. 62.

[3]) Bei Gegenwart von Luft kommt hiezu noch das Luftspectrum und wenn die Operation im geschlossenen Gefässe vorgenommen wird, tritt Untersalpetersäure (NO_2) auf, welche schon nach kurzer Zeit das Gefäss erfüllt und zu störenden Absorptionserscheinungen Veranlassung geben kann.

[4]) Verbrennung von Chlor in Sauerstoff oder von Chlor und Wasserstoff gibt kein Linienspectrum.

[5]) Vergl. hierüber, sowie über die Versuchsanordnung, unsere Abhandlung.

Bekanntlich entstehen diese verbreiterten Linien stets, wenn der Inductionsfunke durch Wasserstoff bei gewöhnlichem Atmosphärendruck schlägt und Salet gibt in Fig. 21 ein deutliches Bild dieses Phänomens. Auf der heliographischen Reproduction unserer Spectrumphotographie sind einige dieser stark verbreiterten Wasserstofflinien deutlich sichtbar.

Wenn ferner das Spectrum des Zink, respective der Kohle (je nach den verwendeten Elektroden) und des Chlor eliminiert ist, was am besten durch Nebeneinanderphotographieren mittelst des Lokyer'schen Spaltriegels geschieht, so bleibt das Silicium übrig, welches mit dem Funkenspectrum des elementaren Siliciums (Siliciumelektroden) identisch ist. Das aus Siliciumchlorid mittelst Zinkelektroden in einer Wasserstoffatmosphäre erhaltene Siliciumspectrum und das Vergleichsspectrum von Zink in Wasserstoff zeigt Taf. IV, Fig. 1 und 2[1]).

Obschon im Allgemeinen das Spectrum des elementaren Siliciums und jenes des Siliciumchlorides identisch sind, wenn ein starker Inductionsfunke zur Anwendung gelangt, so treten dennoch unter Umständen im Chlorsiliciumspectrum charakteristische Verbreiterungen einzelner Liniengruppen des Siliciumspectrums auf, sowie Änderung der relativen Helligkeit der Linien. Die Siliciumdoppellinie $\lambda = \left\{\begin{matrix} 4131\cdot 0 \\ 4128\cdot 2 \end{matrix}\right\}$ tritt im Chlorsiliciumdampf deutlicher hervor, als bei Elektroden an der Luft. Ähnliches gilt von den drei charakteristischen Linien im Violett, nämlich $\lambda = 3905$, 3862 und 3856; diese Linien sind im Funkenspectrum des Siliciums, welches zwischen Siliciumelektroden an der Luft erhalten wird, vorhanden, wenn auch wegen des starken Luftspectrums wenig auffällig, da sie an und für sich nicht sehr stark sind. Im Chlorsiliciumdampf in einer Wasserstoffatmosphäre erscheinen diese Linien schon im Funken ohne Leydener-Flasche stärker, besonders kräftig und verbreitert aber bei Verwendung eines starken Flaschenfunkens, so dass diese Linien dann zu Hauptlinien ersten Ranges werden. Am deutlichsten und schärfsten erhält man die brechbarsten Siliciumlinien, wenn man flüssiges Chlorsilicium auf reine Kohlenelektroden (nach Bunsen's Methode gereinigte und leitend gemachte Lindenkohle) tropfen und einen kräftigen Inductionsfunken durchschlagen lässt. Dabei entsteht bei einer Belichtungszeit von 15 bis 20 Minuten ein wohldefiniertes schönes Spectrum des Siliciums, insbesondere ausgebildet im brechbarsten Theile, welches man bei Verwendung von elementaren Siliciumelektroden erst nach 1 bis 2stündiger Belichtung erhält. Diese Art der Herstellung des Siliciumspectrums, so vortrefflich sie für das brechbare Ende ist, eignet sich nicht zum Studium der blauvioletten Strahlen und jener des Anfanges des Ultraviolett, weil die sehr kräftig auftretenden Kohlenstoffbanden (namentlich die Cyanbanden) das Siliciumspectrum theilweise verdecken.

Bei Verwendung von Kieselflussäure erhält man im ultravioletten Theile, wenn man die wässerige Säure auf Kohlenelektroden in einer Wasserstoffatmosphäre tropfen lässt, während der Funke überschlägt, nur sehr wenige Linien, welche dem Silicium angehören. Insbesondere fehlen im brechbarsten Theile fast sämmtliche Siliciumlinien, was seinen Grund wohl in der grossen Wassermenge, in welcher der Kieselfluorwasserstoff gelöst ist und der damit verbundenen Temperaturerniedrigung des Funkens und Verdünnung der Flüssigkeit haben dürfte.

---

[1]) In unserer Tafel sind beide Vergleichsspectren nicht unmittelbar nebeneinander gedruckt und zwar geschah dies mit Rücksicht auf die Form und Anordnung des Bildes. Zu Zwecken der Messung sind diese Spectren natürlich knapp nebeneinander photographiert worden.

Das ultraviolette Linienspectrum des elementaren Bor.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 13. April 1893.)

Das Emissionsspectrum des elementaren Bor im Inductionsfunken, sowie das Spectrum des durch den Dampf von Borchlorid und Fluorbor schlagenden Inductionsfunkens ist mehreremale Gegenstand von Untersuchungen gewesen.

Ein Blick auf das Resultat dieser den unseren vorausgehenden Versuche zeigt sofort, dass von dem Linienspectrum des Bor im sichtbaren Theile nur einige grüne und im ultravioletten Theile nur drei Linien bezüglich ihrer Wellenlänge bekannt sind und dass über die Lage anderer unzweifelhaft vorhandener Borlinien Unsicherheit herrscht.

Die ersten Angaben über das Spectrum des Bor verdanken wir Troost und Hautefeuille[1]), welche den Inductionsfunken durch eine Atmosphäre von Chlorbor und Fluorbor durchschlagen liessen und ein aus zahlreichen Linien bestehendes Spectrum erhielten, dessen hellste Linien zwei Doppellinien im Grün und eine Doppellinie im Blau waren; im Ultraviolett geben Troost und Hautefeuille ein canneliertes Spectrum an. Wellenlängenbestimmungen fehlen bei diesen Angaben vollkommen.

Auch Salet[2]) untersuchte das Spectrum des durch Chlorbor und Fluorbor schlagenden Funkens, konnte aber keine zu Wellenlängenmessungen hinreichend scharfen Linien erhalten. Im ersteren Falle dominierte das Chlorspectrum, im letzteren Falle trat stets das Spectrum des als Unreinheit vorhandenen Siliciums auf, welches die Untersuchungsergebnisse unsicher machte. Eine bei diesen Untersuchungen auftretende gelbe Linie (von $\lambda = 581$ [?]) hielt Salet möglicherweise für Bor als charakteristisch. Es ist Salet gelungen, die Ausmessung des Flammenspectrums des mit Wasserstoff an der Luft verbrennenden Chlorbors, respective Fluorbors zu bewerkstelligen. Die grüne Flamme der verbrennenden Borverbindungen giebt hiebei ein deutliches Bandenspectrum, welches aber nicht dem elementaren Bor, sondern der Borsäure zukommt.

Während Salet keine Resultate bezüglich des Spectrums des elementaren Bor erzielte, gelang Ciamician[3]) die Herstellung eines Borspectrums, indem er reines Fluorbor in einer Platinretorte, frei von Silicium, herstellte und den Funken durch den Dampf schlagen liess.

---

[1]) «Compt. rend.», 1871, Bd. LXXIII, pag. 260.

[2]) Annal. Chim. Phys., 1873, Serie IV, Bd. XXVIII, pag. 59.

[3]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. LXXXII, 1890, Juli.

Außerdem erhielt Ciamician dasselbe Spectrum, wenn er einen starken Inductionsfunken (aber ohne Leydener-Flaschen [1]) zwischen Elektroden von graphitischem Bor in einer Wasserstoffatmosphäre überschlagen liess; er beschreibt das Linienspectrum des Bor als bestehend aus mehreren grünen und einer violetten Linie. Wenn man mit Fluorbor arbeitet und schwache Ströme ohne Flaschenladung anwendet, soll nach Ciamician ein zweites Bandenspectrum auftreten, welches dem Bor zukommen soll und aus schattierten Banden besteht. Die Wellenlängen sind nach Ciamician:

Für das Linienspectrum des Bor		Für das Bandenspectrum des Bor
$\lambda =$	5103	4985
Grün	4981	4962
Grün	4966	4943
Grün	4964	4243
Violett	3596	4192
		4166
		4122

Die einzige stärker brechbare Borlinie, welche Ciamician als violette Linie bezeichnet, hat seinen Angaben (s. a. a. O.) zufolge die Wellenlänge von $\lambda = 3596$. Diese Wellenlänge in Ciamician's Originalabhandlung ist aber jedenfalls mit starken Fehlern (wahrscheinlich Druckfehlern) behaftet, denn Ciamician sah eine dunkelviolette Linie, während die Wellenlänge 3596 einer Linie zukommt, welche weit im Ultraviolett liegt, also nicht sichtbar sein kann. Auch die von Ciamician gegebene Zeichnung der fraglichen Linie im Borspectrum stimmt nicht mit der Wellenlänge 3596 überein, denn die zwei letzten, eben noch sichtbaren Calciumlinien (vermuthlich $\lambda = 3969$ und $\lambda = 3933$) setzt Ciamician in seiner Zeichnung weiter gegen das brechbare Ende des Spectrums als die fragliche Borlinie. Die Bestimmung der Wellenlänge dieser Linie ist also auf Grund der Ciamician'schen Daten nicht gut thunlich und haben wir deshalb diese unsichere Linie aus dem Verzeichnis der bis jetzt bekannten Linien gestrichen.

Es reduciert sich demzufolge unsere bisherige Kenntnis des Emissionsspectrums des Bor auf eine grüne einfache und eine grüne Tripletlinie. Von Hartley [2]) liegen nur kurze Angaben über das ultraviolette Spectrum des Bor vor; derselbe constatierte, dass eine Linie von $\lambda = 3450 \cdot 1$ und eine Doppellinie $\lambda = \begin{Bmatrix} 2497 \cdot 0 \\ 2496 \cdot 2 \end{Bmatrix}$ charakteristische kräftige Linien sind, welche dem Bor zukommen.

Bei unseren Untersuchungen über das Funkenspectrum des elementaren Bor bedienten wir uns des krystallisierten Bor (der sogenannten Bordiamanten), welches uns in schönen, ungefähr 1·5 *mm* langen Krystallen von Herrn Hofrath Prof. Dr. A. Bauer freundlichst zur Verfügung gestellt wurde. Die Versuche, mit derartigen Bordiamanten messbare Funkenspectren zu erhalten, schlugen anfangs fehl, da diese Krystalle schlechte Leiter der Elektricität sind und der Funke daher, statt von Krystall zu Krystall, meistens von der anfangs benützten Platinfassung des einen zur Platinfassung des anderen Krystalles überschlug. Die Platinfassung erwies sich demzufolge als unbrauchbar, weil die zahlreichen kräftigen Platinlinien die schwachen Borlinien verdeckten.

Deshalb liessen wir die Borkrystalle nach Art der Diamanten, wie selbe zum Glasschneiden benützt werden, in reines Blei fassen, so dass die Krystalle zur Hälfte aus der Fassung herausragten. Der Inductionsfunke gibt unter diesen Verhältnissen ein gutes Spectrum des Bor, selbstverständlich neben den

[1]) Nach Ciamician soll das Borspectrum zwischen Borelektroden nicht erscheinen, sobald man Leydener-Flaschen einschaltet; man soll in diesem Falle nur das Wasserstoffspectrum sehen.

[2]) Proceed of the Royal Soc., 1883, Bd. XXXV, pag. 301.

Bleilinien. Da der Funke von allen Seiten das Bor umspült, wird so viel von letzterem mitgerissen, dass die Herstellung von Spectrumphotographien mit gut ausgebildeten Borlinien ermöglicht wurde.

Die Bedingungen zum Gelingen des Versuches liegen darin, dass ein sehr kräftiger Inductionsfunke benützt wird; wir arbeiteten mit dem von der «Wiener Elektricitäts-Gesellschaft» gelieferten Dynamostrom (Gleichstrom), welcher durch Widerstände auf 6 Ampères bei 110 Volts Spannung gebracht worden war.

Die primäre Spirale unseres Ruhmkorff[1]) hatte eine Wickelung von 320 Windungen (Länge des Drahtes: 82 *m*, Stärke: 2·5 *mm*); die Secundärspirale hatte eine Wickelung von 52800 Windungen (Länge des Drahtes: 14000 *m*, Stärke: 0·17 *mm*.

Da das Blei unter der Wirkung des Inductionsfunkens an der Luft eine rasche Oxydation erleidet, musste der Versuch in einer Wasserstoffatmosphäre vorgenommen werden[2]), wodurch gleichzeitig die störenden zahlreichen Luftlinien beseitigt wurden. Zur Eliminierung der Bleilinien, welche das Borspectrum durchsetzen, photographierten wir das Funkenspectrum desselben Bleies (ohne Bor) bei gleich langer Belichtungsdauer unter das vorige.

Da ferner die Bordiamanten aluminiumhältig sind, so treten im Funkenspectrum die Hauptlinien des metallischen Aluminiums auf, welche gleichfalls durch Nebenphotographieren eliminiert wurden; dasselbe gilt von den Kohlenlinien, von denen wir übrigens nur Spuren erhielten. Auf diese Weise gelang es uns, durch Eliminierung der fremden Linien das Borspectrum mit Sicherheit festzustellen.

Schon bei verhältnismässig sehr kurzen Belichtungen (einige Minuten Belichtungszeit) treten in der Spectrumphotographie im Ultraviolett die kräftigsten Borlinien hervor und zwar die Linien von den Wellenlängen:

$$\lambda = 3451 \cdot 3$$
$$\lambda = 2497 \cdot 7$$
$$\lambda = 2496 \cdot 8$$

welche als Hauptlinien des Bor bezeichnet werden müssen, indem sie an photographischer Wirksamkeit alle sichtbaren Borlinien weit übertreffen, so dass man sagen kann: die wesentlichen und charakteristischen Hauptlinien des Bor liegen im Ultravioletten. Unter diesen Linien ist die Doppellinie $\lambda = \left\{ \begin{matrix} 2497 \cdot 7 \\ 2496 \cdot 8 \end{matrix} \right\}$ die kräftigste im ganzen Spectrum. Die meisten anderen ultravioletten Borlinien, welche, wenn auch nicht so intensiv als die genannten auftretend, dennoch als charakteristische Hauptlinien des Borspectrums angesehen werden müssen, treten bei der spectrographischen Aufnahme viel früher hervor, als die wenigen sichtbaren Borlinien, worin das Borspectrum sich dem Spectrum des Siliciums und Kohlenstoffes ähnlich verhält.

Die übrigen ultravioletten Linien des Bor, deren Wellenlängen nachfolgend genauer angeführt sind, erstrecken sich bis weit ins Ultraviolett. Das sichtbare Borspectrum ist, sowohl was Zahl als Stärke der Linien anbelangt, dem ultravioletten Spectrum untergeordnet.

Nachstehende Tabelle enthält das Verzeichnis jener Linien, welche unseren Untersuchungen zufolge dem elementaren Bor zukommen und zwar bezogen auf Rowland's, respective Kayser und Runge's Normalzahlen der Wellenlängen. Ausser den 7 bereits bekannten haben wir noch 14 neue Borlinien aufgefunden, so dass die Anzahl der gegenwärtig bekannten und bezüglich ihrer Wellenlänge sichergestellten Linien des elementaren Bor hiedurch auf 21 erhöht wurde. Dabei besteht die überwiegende Anzahl der Borlinien aus Doppellinien, welche sehr deutlich und namentlich für das Ultraviolett eigenthümlich sind;

---

[1]) Von Kaiser und Schmidt in Berlin bezogen.

[2]) Über die Versuchsanordnung vergl. pag. 58 dieser Abhandlungen.

nur eine einzige Hauptlinie ($\lambda = 3451 \cdot 3$) konnten wir nicht auflösen und mussten sie demzufolge, ebenso wie die schwache Borlinie $\lambda = 2388 \cdot 5$, als einfache Linie führen. In der folgenden Tabelle sind neben unseren Angaben die Wellenlängenmessungen Ciamician's und Hartley's der grösseren Übersichtlichkeit halber aufgenommen.

Da die photographische Reproduction des Spectrums des bleigefassten Bordiamanten wegen der grossen Menge vorhandener fremder Linien, ebenso wie das mittelst Kohlenelektroden und Borsäure erzeugte Spectrum der Übersichtlichkeit vollkommen entbehrt, so haben wir auf die heliographische Wiedergabe verzichtet. Wir geben jedoch im Anschlusse eine auf typographischem Wege reproducierte Zeichnung des Borspectrums und zwar geben die Scalentheile die Wellenlängen in Rowland'schen Einheiten an.

Linienspectrum des elementaren Bor.

Ciamician	Eder und Valenta	Hartley	Linien-Intensität	
λ	λ	λ	*i*	
5103			1	
4981			1	
4966			1	
4964			1	
	{	3957·9	2	
		3941·7	2	
	{	3829·3	1	
		3824·5	1	
	3450·6	3451·3	6	Hauptlinie
		3246·9	1	
	{	2689·0	1	
		2686·2	1	
	2497·0	2497·7	10	} Hauptlinien
	2496·2	2496·8	10	
		2388·5	1	
	{	2267·0	2	} Hauptlinien
		2266·4	2	
	{	2088·8	2	
		2088·4	2	
	{	2066·2	2	
		2064·6	2	

Nach unseren Versuchen tritt also das Spectrum des elementaren Bor im starken Inductionsfunken (Flaschenfunken) auf; wir können daher Ciamician's Angaben nicht beipflichten, welcher sagt, dass das Borspectrum nur im Inductionsfunken ohne Leydener-Flaschen erscheint. Der Grund, warum Ciamician das Borspectrum in einer Wasserstoffatmosphäre im Flaschenfunken nicht sah, mag wahrscheinlich darin liegen, dass ihn das helle Wasserstoffspectrum blendete und er deshalb das Borspectrum übersah. Bei der Anwendung der photographischen Methoden konnten wir im Flaschenfunken stets das Borspectrum leicht nachweisen.

Im Anschlusse an unsere Versuche mit elementarem Bor studierten wir das spectroskopische Verhalten der Borsäure im starken Inductionsfunken.

Wir beobachteten hiebei, dass man, je nach der Stärke des Funkens und je nach der Versuchsanordnung, aus wässeriger Borsäurelösung sowohl das von Lecocq erwähnte Verbindungsspectrum der Borsäure erhalten kann, als auch das Spectrum des elementaren Bor. Schlägt nämlich der

Inductionsfunke (ohne Flasche) mit Hilfe eines Fulgurators durch wässerige Borsäurelösung, so entsteht das Verbindungsspectrum der Borsäure. Die Versuchsanordnung kann im Sinne der Lecocq'schen Versuche geschehen [1]).

Bei der hiebei obwaltenden niederen Temperatur tritt das Verbindungsspectrum der Borsäure auf, welches mit dem Bandenspectrum der Borsäureflamme identisch ist [2]).

Auch der zwischen Kohlenelektroden, welche mit Borsäurelösung (am besten mit etwas Salzsäure angesäuert) befeuchtet sind, überschlagende schwache Inductionsfunke (ohne Flasche) zeigt das Borsäure-Bandenspectrum, wenn auch undeutlicher, als dasselbe beim Überspringen des Funkens direct in die wässerige Borsäurelösung erhalten wird.

Wird jedoch gereinigte und durch Glühen leitend gemachte Holzkohle [3]) mit concentrierter reiner wässeriger Borsäurelösung imprägniert in einer Wasserstoffatmosphäre dem oben erwähnten kräftigen Inductionsfunken von sechs Leydener-Flaschen ausgesetzt, so erhält man das Spectrum des elementaren Bor [4]). Es erleidet die Borsäure bei diesem Experimente eine vollkommene Spaltung und man erhält sämmtliche Borlinien mit grosser Deutlichkeit. Zur Durchführung dieses Versuches bedienten wir uns einer relativ sehr reinen Borsäure [5]). Diese wurde in Wasser bis zur Sättigung gelöst und damit die wie beschrieben gereinigten Kohlenelektroden zeitweilig betropft. Es wurde nun ein kräftiger Inductionsfunke, durch Verwendung eines starken Ruhmkorff, sechs Leydener-Flaschen und eines Stromes von 2 Ampères und 110 Volts erhalten, zwischen den Elektroden in einer Wasserstoffatmosphäre durchschlagen gelassen. Das fast weisse Licht des Funkens ergab ein Spectrum im Quarzspectrographen, über, respective unter welches zur Eliminierung von fremden Linien einerseits das unter gleichen Umständen hergestellte Normalspectrum, andererseits das Spectrum der Kohlenelektroden (mit destilliertem Wasser befeuchtet in einer Wasserstoffatmosphäre) photographiert wurde.

Es ist bemerkenswert, dass im sichtbaren Theile des Spectrums das an und für sich in diesem Bezirke sehr schwache und wenig charakteristische Borspectrum kaum bemerkbar ist, während im Ultraviolett alle Hauptlinien des Bor mit voller Schärfe und Klarheit hervortreten.

Bei Verwendung eines sehr schwachen Inductionsstromes (Inductorium in kurzer Wickelung) kommt das Borsäurespectrum, wenn man mit Salzsäure angesäuerte wässerige Borsäurelösung und Kohlenelektroden, wie beschrieben, verwendet, mit zum Vorschein, wenngleich diese Reaction meist undeutlich auftritt. Bei Verwendung eines kräftigen Inductoriums und von sechs Leydener-Flaschen, wie wir die Anordnung beschrieben haben, gibt Borsäure, in concentrierter wässeriger Lösung auf Kohlenelektroden getropft, das Linienspectrum des elementaren Bor. Dasselbe ist im sichtbaren Theile, da es von den stark verbreiterten fremden Linien (Kohle) beeinflusst wird, zwar nicht ganz deutlich, dagegen treten die beschriebenen Hauptlinien des Bor im Ultraviolett vorzüglich hervor, selbst im brechbarsten Theile des Spectrums. In diesem brechbarsten Theile ist die Borreaction besonders empfindlich und es erscheint deshalb diese Spectralreaction zum Studium, wie zum spectrographischen Nachweise des Bor in Verbindungen ganz besonders geeignet.

---

1) H. W. Vogel: «Praktische Spectralanalyse», 1889, I. Theil, pag. 96.

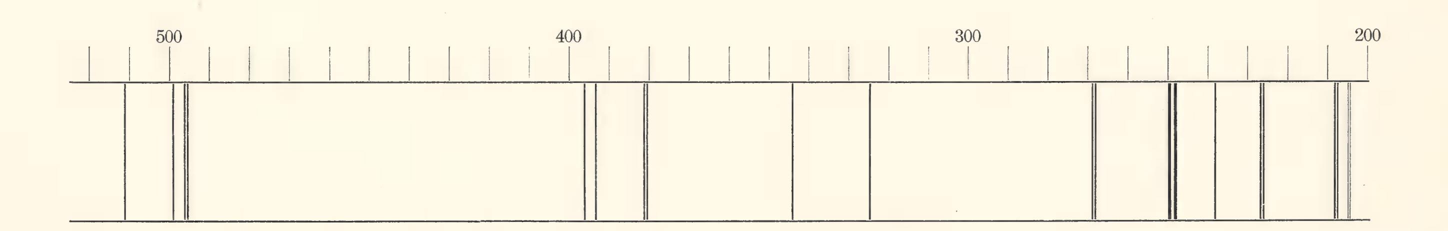
2) Wird in einer späteren Abhandlung ausführlich besprochen werden.

3) Vergl. pag. 58 dieser Abhandlungen.

4) Trockene Borsäure und Kohle gibt nur schwierig schwache Borspectren.

5) Bezogen von Dr. Th. Schuchardt in Görlitz.

Ultraviolette Linien des Bor.



Linienspectrum des elementaren Bor nach J. M. Eder und E. Valenta.

Druck der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien.



Über den Verlauf der Bunsen'schen Flammenreactionen im ultravioletten Spectrum.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 6. Juli 1893.)

Die zuerst von Bunsen und Kirchhoff beschriebenen Flammenspectren der Alkali- und Erdalkalimetalle wurden im sichtbaren Theile gründlich von Lecocq de Boisbaudran bezüglich der Wellenlängen der charakteristischen Linien studiert; in dem Werke des genannten Forschers: «Spectres lumineux» (Paris 1847) finden sich überdies ausgezeichnete Spectraltafeln, welche nach Handzeichnungen mittelst Kupferdruck hergestellt sind.

Während die sichtbaren Flammenspectren der Alkalimetall- und Erdalkalimetallverbindungen längst allgemein bekannt sind und beim chemisch-analytischen Elementarunterricht verwendet werden, ist der Verlauf dieser hochwichtigen Flammenspectren im Ultraviolett bisher völlig unbekannt geblieben.

Die vollständige Kenntnis des gesammten Verlaufes der Flammenreactionen der Metalle in einer Bunsen'schen Flamme über das sichtbare und ultraviolette Spectrum erschien uns nicht nur an und für sich von Wichtigkeit, sondern verdient auch deshalb Beachtung, weil sich daran Schlussfolgerungen über die Emissionsspectren der Metalldämpfe und der Dämpfe von Metallverbindungen bei verhältnismässig sehr niederen Temperaturen knüpfen lassen. Da ferners die Verbindungen der alkalischen Erden in der Bunsenflamme partiell dissociieren und gemischte Spectren der Metalle und deren Oxyde, respective Chloride geben, so verlangen diese Reactionen ein genaues Studium im ultravioletten Theile, um die bisher gewonnenen Anschauungen auf Grund der Kenntnis ausgedehnterer Spectralbezirke rectificieren zu können. Andererseits ist der Zusammenhang der bei der verhältnismässig niedrigen Temperatur der Bunsenflamme auftretenden ultravioletten Metallinien mit den Hauptlinien derselben Elemente im elektrischen Flammenbogen oder Inductionsfunken auf Grund vergleichender Spectrumphotographien in Erwägung zu ziehen.

Wir unternahmen deshalb die im Nachfolgenden beschriebenen Versuche.

Die grösste Schwierigkeit bei der Herstellung von Spectrumphotographien der Flammenreactionen macht die andauernde Erhaltung gleichmässig heller, durch Metallsalze gefärbter Bunsenflammen.

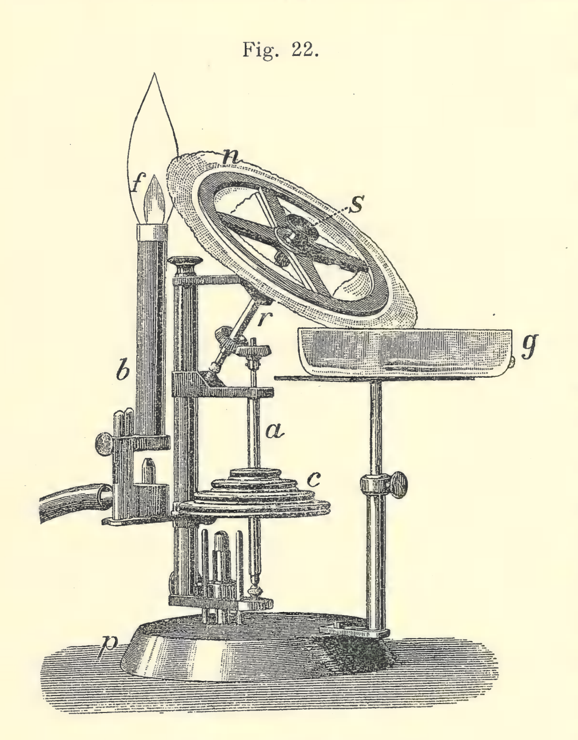
Wir haben die bis jetzt empfohlenen Mittel, um während längerer Zeit eine mit Salzdämpfen geschwängerte Flamme zu erhalten, anzuwenden versucht[1]. Zum genannten Zwecke wurden insbesondere gebogene, mit Salzlösungen gefüllte Glasröhrchen, an deren unterem Ende feine Platindrähte dochtartig

[1] Vergl.: Kayser: «Lehrbuch der Spectralanalyse», 1883, pag. 78.

herausragten, welche stets feucht blieben und von der Flamme umspült wurden, empfohlen; es zeigte sich aber, dass diese Einrichtung in der Regel nach einigen Minuten bereits den Dienst versagt, also keineswegs für eine Brenndauer von 6 bis 24 Stunden brauchbar ist. Die Methode Gouy's[1]), welche darin besteht, dass man mittelst eines sogenannten «Refraichisseurs» einen Strahl von fein zerstäubter Salzlösung in die Bunsenflamme bläst, gab weder genügend andauernde, noch entsprechend helle Flammenspectren. Wir haben deshalb nach vielen Versuchen den in der Zeichnung (Fig. 22) ersichtlichen, im Nachfolgenden beschriebenen Apparat construiert, welcher den von uns gestellten Anforderungen vollkommen entspricht und die Erzielung gleichmässig heller Bunsenflammen, mit beliebigen Salzlösungen gefärbt, für eine Belichtungszeit von 6 bis 24 Stunden gestattet.

Der Apparat besteht im Wesentlichen aus einem aus Metall gegossenen schweren Postamente (*p*), welches den um eine verticale Achse drehbaren, mit Platinring versehenen Bunsenbrenner, oder besser Terquembrenner (*b*), und die verstellbare, gegen die Horizontale unter einem Winkel von 45⁰ geneigte Doppelscheibe (*s*), aus Nickelmetall gefertigt, trägt. Diese Scheibe besteht aus zwei Metallplatten, zwischen denen das Platindrahtnetz (*n*), aus sehr feinem Platindraht geflochten, eingeklemmt ist, so zwar, dass es über den Umfang der Scheibe 2 bis 3 *cm* vorragt und in die im Gefässe (*g*) befindliche Salzlösung eintaucht. Die Scheibe (*S*) wird mittelst der Achse (*a*) und damit verbundenem Conus (*c*) durch ein Uhrwerk in Umdrehung versetzt. Das Platinnetz passiert die Wanne (*g*) und kommt stets mit Salzlösung imprägniert bei *f* mit der Bunsenflamme in Berührung, wodurch eine gleichmässig helle, durch das betreffende Metallsalz gefärbte Bunsenflamme beliebig lange erhalten werden kann, wenn nur das Uhrwerk stets zur rechten Zeit aufgezogen und die Wanne (*g*) stets mit Salzlösung gefüllt erhalten wird. Der Luftzutritt bei der Flamme des Terquembrenners (*b*) muss derartig reguliert werden, dass der untere blaue Flammenkegel sich scharf abgrenzt und darüber die nicht leuchtende, fast farblose obere Gasflamme weit emporragt. Die möglichst zu untersuchenden Salze müssen an der Grenze beider Flammentheile bei *f* eingeführt, das heisst, das Platinnetz muss an dieser Stelle die Flamme passieren und es darf nur das Licht des oberen Theiles der Flamme zum Spectrographieren benützt werden, denn dieses Licht ist frei von den Swan'schen Kohlenbanden. Würde auch der untere blaue Strahlenkegel sein Licht in den Spectralapparat senden, so würden nicht nur im sichtbaren Theile, sondern auch im Ultraviolett viele Kohlenlinien neben Wasserbanden auftreten und die schwachen Metall- oder Metalloxydspectren, welche bei den Flammenreactionen entstehen, verdecken. Der obere, fast farblose Theil der Bunsenflamme sendet dagegen nur das Spectrum des Wasserdampfes aus, welche Wasserbanden auf allen unseren heliographischen Spectraltafeln ersichtlich sind.

Fig. 22.



Diese zuerst in den Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften[2]) beschriebene Beobachtung, welche die Trennung, respective Ausscheidung des Swan'schen Spectrums aus den Bunsen'schen Flammenreactionen auch im ultravioletten Theile sichert, wurde bei Vornahme dieser Versuche verwertet.

---

[1]) Annal. d. Chimie, 1879, Bd. XVIII (5), pag. 5.

[2]) Vergl. pag. 1 dieser Abhandlungen.

Unter Beobachtung dieser Vorsichtsmassregeln und der beschriebenen einfachen Vorrichtung gelang es uns ohne Schwierigkeit, die Flammenspectren der Alkalimetalle, Erdalkalimetalle sowie der Borsäure viele Stunden zu erhalten und dadurch genügend lange mittelst des Quarzspectrographen belichten zu können, um gut definierte Spectrumphotographien bis ins Ultraviolett zu erzielen. Die Aufnahmen der nachstehend beschriebenen Spectren wurden mit einer Spaltöffnung = 0·08 *mm* gemacht.

Zum Zwecke der Ausmessung der Linien und Banden an den so erhaltenen Spectrumphotographien wurde in die Mitte des Flammenspectrums ein Vergleichsspectrum (Funkenspectrum einer Legierung von Zink, Cadmium und Blei) einphotographiert, welches auch auf allen in den beigegebenen Tafeln abgebildeten Spectren deutlich ersichtlich ist.

I. Flammenspectren von Kalium-, Natrium- und Lithiumsalzen.

a) Kaliumsalze.

Durch die Photographie des Spectrums der mit Kaliumsalzdämpfen erfüllten Bunsenflamme erschloss sich uns die Kenntnis der in demselben auftretenden Spectrallinien weiter gegen das stärker brechbare Ende, als es vorher möglich war. Hiezu war allerdings eine 24stündige Belichtungsdauer unter Anwendung unseres lichtstarken Quarzspectrographen mit mässiger Dispersion nothwendig, aber die Photogramme liessen den Verlauf der Spectralreaction bis weit ins Ultraviolett verfolgen. Es treten im Ultraviolett folgende in der Kalium-Bunsenflamme bisher noch nicht beobachtete Kaliumlinien auf: die enorm intensive Hauptlinie des Kaliums $\lambda = 4047 \cdot 2$, dann die schwächere Kaliumlinie $\lambda = 4045 \cdot 8$ und die Linie $\lambda = 3217 \cdot 5$. Diese ultravioletten Linien im Kaliumflammenspectrum erscheinen in der Spectrumphotographie ziemlich scharf, jedoch lassen sie sich nicht in Doppellinien auflösen, da dieselben im Flammenspectrum entschieden mehr verschwommen als im Funkenspectrum sind und andererseits die Dispersion unseres Quarzspectrographen in Anbetracht dieses Umstandes zu ihrer eventuellen Trennung auch nicht völlig ausreichte.

Die angegebenen, von uns im Flammenspectrum der Kaliumsalze aufgefundenen ultravioletten Linien finden sich auch im Bogen- und Funkenspectrum des metallischen Kaliums, wie wir uns durch Parallelversuche überzeugt haben.

Die Linie, deren Wellenlänge wir mit $\lambda = 3217 \cdot 5$ ermittelten, ist ohne Zweifel die von Kayser und Runge im elektrischen Bogenspectrum des Kaliums mittelst Gitter erhaltene Doppellinie $\lambda = \begin{Bmatrix} 3217 \cdot 8 \\ 3217 \cdot 3 \end{Bmatrix}$; stärker brechbare Linien, von denen einige sehr kräftig im elektrischen Lichtbogen auftreten, konnten von uns im Flammenspectrum nicht mehr aufgefunden werden; es scheint, dass selbe nur bei höheren Temperaturen, wie dies beim elektrischen Bogenlicht und Funken der Fall ist, auftreten, so wie überhaupt diese letzteren Spectren auch im sichtbaren Theile linienreicher als das Bunsenflammenspectrum sind.

Vergleicht man die anderen, im sichtbaren Theile des Flammenspectrums der Kaliumsalze auftretenden Linien, wie sie bereits Lecocq so vortrefflich beschrieben hat, mit den von Kayser und Runge aufgefundenen Kaliumlinien im Bogenspectrum, sowie mit den Linien im Funkenspectrum des metallischen Kaliums in einer Wasserstoffatmosphäre, so zeigt es sich, dass diese Linien alle dem elementaren Kalium angehören und offenbar von der Dissociation der Kaliumsalze in der Bunsenflamme herrühren.

Die Photographie des Spectrums der Flammen von Kaliumsalzen weist ein sehr starkes und continuierliches Spectrum auf; es beginnt (im sichtbaren Theile) bei circa $\lambda = 6400$, wächst bis circa $\lambda = 5700$, bleibt anscheinend constant bis $\lambda = 4800$ oder $\lambda = 4700$ und verringert sich nun allmälich bis gegen $\lambda = 4200$, dann verschwindet es, wie Lecocq zuerst angab, für das Auge bis gegen $\lambda = 4150$;

die Spectrumphotographie aber zeigt, dass das continuierliche Spectrum der Kaliumsalzflamme das Maximum im Blau bei circa $\lambda = 4800$ hat und von da, allmälich schwächer werdend, sich bis gegen $\lambda = 4000$ erstreckt, dann schwach, aber noch immer deutlich wahrnehmbar bis gegen $\lambda = 3000$ reicht, während die letzten Spuren sich bis $\lambda = 2800$ verfolgen lassen.

Das dem Kaliumflammenspectrum zu Grunde liegende continuierliche Spectrum erstreckt sich also mit namhafter Intensität weit gegen das brechbare Ende bis ins Ultraviolett, also wesentlich weiter als man bisher annahm.

H. W. Vogel[1]) war geneigt, dieses continuierliche Spectrum dem Kaliumoxyd zuzuschreiben; wir glauben jedoch annehmen zu können, dass dies nicht der Fall ist, da wir dasselbe continuierliche Spectrum auch anderwärts im Funkenspectrum des in einer Wasserstoffatmosphäre befindlichen metallischen Kaliums beobachtet haben.

Auf Grund unserer Versuche haben wir das ganze Bunsenflammenspectrum der Kaliumsalze in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle der in dem Spectrum der Kalium-Bunsenflamme auftretenden Linien.

	nach Lecocq	Eder und Valenta	*i*	Bemerkungen
Roth α	7697	7699	10	ziemlich scharfe Linie
	7663	7666	10	
	7248—6825	7040	1	Mitte einer breiten schwachen Bande
Gelb β	5831	5832	5	scharfe Linie
	5803	5802	8	
	5783	5783	5	
Grün δ	5342	5344	4	Mitte einer verbreiterten Linie
	5104	5103	3	Mitte einer etwas verbreiterten Linie
	4948	4950	3	
Violett γ	4045	4045·8	10	breite Linie; entspricht der Doppellinie 4047·4 bis 4044·3 des Bogenspectrums
Ultraviolett	—	3447·2	4	entspricht der Doppellinie 3447·5 bis 3446·4 des Bogenspectrums — neu für das Flammenspectrum
	—	3217·5	1	entspricht der Doppellinie 3217·8 bis 3217·3 des Bogenspectrums — neu für das Flammenspectrum

Wie aus dem Vergleiche dieser Tabelle der Kaliumlinien des Bunsenflammenspectrums mit dem von Kayser und Runge ermittelten Bogenspectrum des metallischen Kaliums hervorgeht, erscheinen, wie erwähnt, im ersteren Spectrum manche Liniengruppen als unscharf und verbreitert, welche im letzteren Spectrum sich scharf trennen; ähnliches ist auch bei den später zu beschreibenden Flammenspectren der Alkalien und Erdalkalien der Fall.

b) Natriumsalze.

Die Natriumflamme gibt bei einer Belichtungsdauer von 24 Stunden mittelst des Quarzspectrographen — ausser der bekannten gelben Natriumdoppellinie — noch ultraviolette Linien, deren Existenz in dem Flammenspectrum der Natriumsalze bis jetzt unbekannt geblieben war. Namentlich tritt die ultraviolette Natriumlinie $\lambda = 3302{\cdot}5$ und diejenige $\lambda = 2853$ deutlich und scharf auf; das Licht der Natriumflamme, welches für monochrom gilt, ist demzufolge nicht monochromatisch.

Es ergeben sich daher für das Spectrum der Natrium-Bunsenflamme die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Linien.

[1]) H. W. Vogel: «Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe», Berlin 1889, I. Th., pag. 144.

Tabelle der in dem Spectrum der Natrium-Bunsenflamme auftretenden Linien.

	Eder und Valenta		
		i	
Gelb	Na . 5896	10	
	Na . 5890	10	
Ultraviolett	Na . . 3302·5	8	entspricht der Doppellinie 3303·1 bis 3302·5 des Bogenspectrums (Kayser und Runge)
	Na . . 2853·0	2	entspricht der Linie 2852·9 des Bogenspectrums

Alle diese in der Bunsenflamme auftretenden Natriumlinien sind solche, welche sich im elektrischen Flammenbogen im Natriumdampfe, sowie im Inductionsfunken zwischen Natriummetallelektroden zeigen und zwar sind es Linien, welche sich im elektrischen Flammenbogen leicht umkehren. Es treten jedoch nur die weniger brechbaren Linien im Flammenspectrum auf, während die brechbarsten Linien, welche im Bogen- und Funkenspectrum sich zeigen, fehlen. Alle Natriumlinien im Spectrum der Natrium-Bunsenflamme gehören, wie der Vergleich ergibt, dem elementaren Natrium an.

Ausser diesen Linien gibt die Natriumflamme ein continuierliches Spectrum, welches nicht so hell ist, wie bei der Kaliumflamme und ziemlich gleichmässig verläuft, so dass es schwierig ist, das Maximum zu bestimmen. Dieses continuierliche Spectrum beobachteten bereits Bunsen und Kirchhof im sichtbaren Theile; wir constatierten den Verlauf bis ins Ultraviolett (s. Taf. VI) und zwar liegt das flache, schwer bestimmbare Maximum etwas weiter gegen Violett, als dies beim Kalium der Fall ist.

c) Lithiumsalze.

In der Lithiumflamme treten im Blau und im Ultraviolett nach 24stündiger Belichtung zwei ziemlich schwache Lithiumlinien auf und zwar die Linien $\lambda = 4602 \cdot 4$ und $\lambda = 3232 \cdot 8$. Hiezu kommen noch die zwei bereits bekannten rothen und gelbrothen Linien. Das gesammte Spectrum der Lithium-Bunsenflamme erscheint in folgender Tabelle wiedergegeben.

Tabelle der in dem Spectrum der Lithium-Bunsenflamme vorgefundenen Linien.

Eder und Valenta			
		J	
Roth	6708	10	Hauptlinie
Rothgelb	6103	3	neu für das Flammenspectrum
Blau	4602·4	2	
Ultraviolett	3232·8	4	

Die Lithiumflamme gibt nur ein ganz schwaches continuierliches Spectrum, das weitaus schwächste von den genannten Alkalimetallen.

II. Flammenspectren von Calcium-, Barium- und Strontiumsalzen.

a) Calciumsalze.

Im Flammenspectrum der Kalksalze treten, wie insbesondere Lecocq[1]) gezeigt hat, neben wenigen Metallinien zahlreiche Banden auf, welche theils dem Calciumoxyd, theils dem Chlorcalcium angehören.

[1]) Lecocq: «Spectres lumineux», Paris 1874.

Durch Einblasen von Salzsäure in die Flamme gelang es Mitscherlich und Lecocq, einige Chlorcalciumbanden zu erkennen und zu messen. Auch durch Einführung von einer Salmiakperle unter die in der Flamme verdampfende Chlorcalciumperle erhält man Chloridlinien[1]). Unsere Absicht gieng dahin, die Chlorcalciumbanden neben den Chloridbanden in den Flammenspectren der Calciumsalze sicherzustellen und das Auftreten derartiger Banden neben Metallinien im ultravioletten Theile zu constatieren.

Mittelst des geschilderten Rotationsapparates gelang es uns unter Benützung von Calciumnitrat bei circa 30 Stunden andauernder Belichtung, das Flammenspectrum des Calciumoxydes zu photographieren und zwar bis ins Ultraviolett[2]); ferner photographierten wir das Spectrum einer Chlorcalciumflamme, welches heller ist, so dass eine Exposition von 20 Stunden zur Aufnahme genügte; überdies zogen wir das Funkenspectrum des metallischen Calciums in einer Wasserstoffatmosphäre in den Kreis unserer Untersuchungen und waren hiedurch in den Stand gesetzt, die Banden des Calciumoxydes von jenen des Chlorcalciums zu trennen und die einzelnen im Calciumflammenspectrum auftretenden Metallinien zu identificieren.

Tabelle der in dem Spectrum der Calcium-Bunsenflamme auftretenden Linien und Banden.

	nach Lecocq	nach Eder und Valenta	i	Bemerkungen
				gehörig zu:
Orange ε	6441	6442	4	Calciumoxyd
	6348	(6349)	2	(Chlorid)
	6320	(6322)	2	
α	6265	6265	10	Oxyd
α	6202	(6202)	10	(Chlorid)
α	6181	(6183)	10	
δ	6068	(6069)	5	
δ	6044	(6044)	5	
δ	5982	5983	5	Oxyd
γ	5933	(5934)	8	(Chlorid)
ζ	5817	(5816)	3	
	5728	5727	2	Oxyd
	5644	5644	2	
Gelb β	5543	5543·5	8	
Gelb β	5517	5517	8	
	5427	5428	2	
	5372	5374	2	
Blau		4550	1	neue Linien (4550–4257)
		4515	1	
		4465	1	
		4435	1	
		4396	1	
		4362	1	
		4324	1	
		4294	1	
		4257	1	

	nach Lecocq	nach Eder und Valenta	i	Bemerkungen
				gehörig zu:
Violett	4226	4227	10	metallisches Calcium (scharfe Linie)
Ultraviolett		4159	1	Calciumoxyd (4159–3429)
Ultraviolett		4122	1	neue Linien (4122–3429)
		4084	1	
		4042	1	
		4002	1	
		3972	1	
		3942	1	
		3909	1	
		3880	1	
		3840	1	
		3815	1	
		3771	1	
		3722	1	
		3687	1	
		3644	1	
		3608	1	
		3569	1	
		3531	1	
		3494	1	
		3463	1	
		3429	1	

In vorstehender Tabelle sind jene Linien (Banden), welche in dem Calciumsalz-Flammenspectrum auftreten, verzeichnet und zwar mit der genauen Bezeichnung, ob dieselben dem Calciumoxyd, Calcium-

[1]) Vogel: «Praktische Spectralanalyse», I. Th., Berlin 1889, pag. 145.

[2]) Die Calciumnitratflamme ist relativ sehr lichtarm; es treten selbst unter günstigen Bedingungen die charakteristischen Calciumoxydbanden nur schwach auf. Am Platinnetze des Apparates scheidet sich kohlensaurer Kalk ab, welcher die Maschen des Netzes verlegt, worauf die Calciumoxydreaction noch schlechter auftritt. Deshalb ist es nöthig, der Calciumnitratlösung etwas Salpetersäure zuzusetzen.

chlorid oder dem elementaren Calcium angehören. Die Calciumoxyd- und Calciumlinien treten in jeder Calciumsalzflamme auf, einerlei ob Nitrat oder Chlorid benützt wurde.

Bei Verwendung von Calciumchlorid, insbesondere wenn Salmiak oder Salzsäure zugegen ist, treten sowohl Oxyd- als auch Calciumchloridbanden auf, welche in unserem Verzeichnisse ausdrücklich angeführt und eingeklammert sind.

Unsere Wellenlängenbestimmungen der Calciumoxydbanden von $\lambda = 6441$ bis $\lambda = 5644$ stimmen hinlänglich mit den Lecocq'schen Angaben überein; weil bei der Verschwommenheit der Banden die Lage des Maximums nicht sicher zu bestimmen ist, so sind diese Wellenlängen nicht einmal in der vierten Decimalstelle (1 Angström'sche Einheit) als ganz sicher zu bezeichnen. Die Banden kleinerer Wellenlänge $\lambda < 4644$ dürften auf unseren Spectrumphotographien sicherer als bei Lecocq, welcher direct beobachtete, sein.

Im ultravioletten Theile entdeckten wir eine Reihe neuer schmaler Calciumoxydbanden, welche ziemlich regelmässig vertheilt sind. Diese Banden sind durch die Linie $\lambda = 4227$, dem elementaren Calcium angehörig, unterbrochen; darüber hinaus, gegen das brechbare Ende zu, treten schmale Oxydbanden auf einem continuierlichen schwach leuchtenden Grunde auf, welche schwer zu finden oder zu messen sind, weil bei längerer Belichtung das continuierliche Spectrum die Banden deckt und bei kurzer Belichtung dagegen dieselben so schwach werden, dass sie nicht mehr messbar sind.

Bei correcter Belichtung lassen sich einige dieser verwaschenen ultravioletten Oxydbanden in eine Art von Doppelbanden auflösen, von denen immer je zwei durch einen gemeinsamen leuchtenden Untergrund verbunden erscheinen.

Die Tabelle gibt eine Übersicht der gesammelten, von uns nachgewiesenen Oxyd-, Chlorid- und Metallinien (respective Banden) der Bunsen'schen Kalksalzflammen; unter diesen Linien (Banden) befinden sich 30 neuentdeckte Calciumoxydbanden.

b) Strontiumsalze.

Strontiumnitrat gibt selbst bei grosser Verdünnung ein gutes Flammenspectrum, jedoch benützten wir zu unseren Versuchen ziemlich concentrierte Lösungen, weil nur in diesem Falle sich die ganze Flamme gleichmässig intensiv roth färbt. Dabei entweichen viele Salzdämpfe in die Luft, welche (trotz Ventilation) den Aufenthalt im Arbeitsraume sehr unangenehm machen, was bei der Verwendung von Chlorbarium nicht der Fall ist.

Wir erhielten bei Belichtungen von 12 bis 20 Stunden Dauer gute Spectren.

Im Spectrum der Strontiumflamme treten die Oxydbanden sehr stark im sichtbaren Theile auf, indem insbesondere die rothen Banden eine grosse Helligkeit besitzen. In der Spectrumphotographie erscheinen im Ultraviolett noch mehrere Strontiumoxydbanden [1]), welche jedoch an Deutlichkeit weit hinter den ultravioletten Kalkbanden zurückstehen (wie dieselben auch weniger hell als die Bariumoxydbanden sind). Es sind die Strontiumoxydbanden allerdings bezüglich der mässigen Breite und Verschwommenheit ähnlich den Calciumoxydbanden, aber die letzteren sind etwas schmäler und einige der Strontiumoxydbanden scheinen Doppelbanden zu sein. Diese schmalen verwaschenen Banden sind ziemlich regelmässig vertheilt in ein schwaches continuierliches Spectrum eingebettet. Das letztere erstreckt sich bis zur ersten Wasserbande.

Im Nachstehenden geben wir eine Tabelle der Linien und Banden des Strontium-Flammenspectrums, wobei in ähnlicher Weise, wie dies beim Calcium geschah, die dem Strontiumoxyd entsprechenden Banden (unter Benützung von Strontiumnitrat erhalten) ebenso wie die Strontiumchloridbanden

[1]) In der heliographischen Abbildung des Spectrums fehlen dieselben.

eingeklammert sind, wogegen die Linien des elementaren Strontiums, welche durch Dissociation der Strontiumsalze entstehen, nicht eingeklammert sind. Die Chlorstrontiumflamme gibt ein Spectrum, welches sämmtliche Linien und Banden der Tabelle enthält.

Tabelle der in dem Spectrum der Strontium-Bunsenflamme vorkommenden Linien und Banden.

	nach Lecocq	nach Eder und Valenta				nach Lecocq	nach Eder und Valenta		
			i	gehört zu:				*i*	gehört zu:
Roth ζ	6862	6863	4	Strontiumoxyd	Violett		4505	1	Oxyd
Roth ζ	6827	6828	4	Oxyd			4470	1	Oxyd
	6729	(6731)	1	(Chlorid)			4430	1	Oxyd
γ	6694	6695	8	Oxyd	Ultraviolett		4391	1	Oxyd
γ	6664	6665	8	Oxyd	Ultraviolett		4357	1	Oxyd
ε	6627	6628	6	Oxyd			4328	1	Oxyd
ε	6597	(6597)	6	(Chlorid)			4292	1	Oxyd
Orange δ	6464	6464	6	Oxyd			4259	1	Oxyd
η	6350	(6351)	5	(Chlorid)			4032	2	metallisches Strontium (entspricht der Doppellinie 4032·5 bis 4030·5 im Bogenspectrum)
	6276	6275	1	Oxyd					
	6233	6233	1	Oxyd					
	6191	6192	1	Oxyd					
α	6059	6060	10	Oxyd			3806	2	breite, verschwommene Banden
α	6031	6032	10	Oxyd			3778	2	breite, verschwommene Banden
	5970	5968	2	metallisches Strontium			3738	2	breite, verwaschene Banden (Mitte gemessen)
	5940	5940	1	Oxyd			3692	3	breite, verwaschene Banden (Mitte gemessen)
ι	5911	5910	3	Oxyd			3647	3	breite, verwaschene Banden (Mitte gemessen)
ι	5890	5891	3	Oxyd			3612	1	breite und nebelige Bande
Blau β	4607	4608	10	metallisches Strontium					

c) Bariumsalze.

Bariumsalzflammen geben erst nach 15 bis 30 stündiger Belichtung bei Verwendung von concentrierten Salzlösungen ein gutes Negativ im Ultraviolett. Die Flamme ist lichtschwach und die Färbung verschwindet rasch, weshalb es geboten erscheint, concentrierte Lösungen zu verwenden und dem Netze eine ziemlich rasche Bewegung zu ertheilen. Das Platinnetz belegt sich rasch mit einer Kruste von Bariumcarbonat, insbesondere wenn Bariumnitrat verwendet wurde; deshalb ist es nöthig, circa jede Stunde eine Auskochung und gründliche Reinigung mit Salpetersäure vorzunehmen. Die besten Spectren erhält man unter Anwendung von Bariumnitrat, da dieses Salz in der Flamme decrepitiert und letztere durch die dabei herumgeschleuderten Theile durchwegs grün gefärbt wird.

Bariumchlorid erfordert eine langsamere Bewegung des Netzes und verdünntere Lösungen als Bariumnitrat. Die Färbung der Flamme ist aber selbst bei Einhaltung dieser günstigen Bedingungen stets lichtärmer als jene des Nitrates. Die erhaltenen Spectren sind bei beiden Salzen fast oder ganz identisch, weil das Chlorid rasch Chlor verliert und ein Oxydspectrum gibt.

In der folgenden Tabelle, welche die Resultate unserer Beobachtungen der Spectren der Bariumsalzflammen enthält, finden sich zumeist Oxydbanden und nur wenige Chlorid- und Metallinien. Die im sichtbaren Theile vorfindlichen Bariumoxydbanden sind bereits von Lecocq beobachtet worden, während wir im ultravioletten Theile des Spectrums mehr als zwanzig neue Bariumoxydbanden auffanden. Auch gelang es uns, einige der im Blau und Violett gelegenen, von Lecocq als einfach bezeichneten, Oxydbanden in Doppelbanden aufzulösen.

Tabelle der in dem Spectrum der Barium-Bunsenflamme auftretenden Linien und Banden.

	nach Lecocq	nach Eder und Valenta	*i*	Bemerkungen
				gehört zu:
λ	6819	6820	1	Bariumoxyd
ζ	6499	6497	2	metallisches Barium (vielleicht begleitet von einer Oxydbande?)
γ	6448	6450	1	
γ	6297	6297	2	
γ	6239	6240	4	
γ	6178	6177	4	
	6108	6109	4	
β	6044	6044	4	
β	5995	5997	1	
μ	5938	5938	8	Oxyd
η	5881	5882	8	
η	5824	5827	1	
η	5768	5768	4	
	5719	5720	6	
α	5661	5660	8	
δ	5613	5612	3	
	5536	5536	10	metallisches Barium
ε	5492	5493	8	
	5461	5460	1	Oxyd
	5346	5346	9	
		5316	1	
	5314	(5314)	2	(Chlorid) (neu)
		5280	1	Oxyd (neu)
ϑ		5255	1	
ι	5242	(5243)	2	(Chlorid)
	5215	5215	8	
	5089	5089	9	
	5019	5022	2	
ϰ	4974	4977	2	Oxyd
		4954	1	
	4873	4873·5	10	
	4794	4796	3	
		4756	1	(neu)

nach Lecocq	nach Eder und Valenta	*i*	Bemerkungen	
			gehört zu:	
	4736	1		
	4694	3		
	4681	2		
	4644	1	Oxyd	
	4630	1		
	4589	1		
	4567	1		
	4554 (?)	1		
			in der vorigen Oxydbande scheint die Barium metall-Linie bei 4554 zu liegen (?)	
	4535	1		
	4488	1		
	4443	1		
	4398	1		
	4353	1		(neu)
	4309	1		
	4270	1		
	4235	1		
	4200	1	Oxyd	
	4165	1		
	4128	1		
	4088	1		
	4047	1		
	4009	1		
	3984	1		
	3951	1		
	3918	1		
			Spuren anscheinend regelmässig vertheilter schmaler Banden erstrecken sich bis gegen λ = 3400	

III. Flammenspectrum der Borsäure.

Bereits in einer früheren Abhandlung[1]) haben wir das Emissionsspectrum des elementaren Bor beschrieben. Wir zogen in der Folge das sehr charakteristische Verbindungsspectrum der Borsäure, wie selbes bei der durch Borsäure grün gefärbten Wasserstoff- oder Leuchtgasflamme auftritt, in den Kreis unserer Untersuchungen. Dieses Spectrum weist keine Linien des elementaren Bor auf; es wurde bereits früher untersucht, doch erstreckten sich diese Untersuchungen nur auf den sichtbaren Theil desselben.

Th. Simmler[2]) beschrieb im Jahre 1860 das Borsäure-Flammenspectrum, wie es in der durch Borsäure (auf einem Platindraht befindlich) grün gefärbten Bunsenflamme beobachtet werden kann. Er gibt drei in gleichen Abständen befindliche grüne und eine blaue Linie an, davon sind die beiden weniger

[1]) Vergl. pag. 82 dieser Abhandlungen.

[2]) Th. Simmler: «Jahrb. d. bündnerischen naturforschenden Gesellsch. f. 1860», von da übergegangen in Poggendorf's Annal., 1862, (IV. Reihe, Bd. XXV, pag. 250.

brechbaren grünen Linien (Banden) die intensivsten. Gegenwart von Alkalien oder Erdalkalimetallen hindert die Reaction nicht, falls man Schwefelsäure zufügt. Simmler fand, dass mittelst dieser Spectralreaction noch 0·00119 *g* Borsäure nachgewiesen werden können, jedoch ist die Curcuma-Reaction empfindlicher.

G. Salet (Traité de Spectroscopie, I. Bd., 1888, pag. 179) erhielt brillante breite Banden im Spectrum einer Wasserstoff-Flamme, welche Chlorbor, Fluorbor oder Borsäure enthält; sie erscheinen in der Oxydationszone der Flamme. Auch die Bunsenflamme gibt mit Borsäure dasselbe Spectrum. Die Maxima der Borsäurebanden liegen nach Salet bei

$\lambda = 640$	$B_2O_3\ \beta$, $\lambda = 520$
620	$B_2O_3\ \delta$ 461
603	470
$B_2O_3\ \gamma$ . . . 580	454
$B_2O_3\ \alpha$ . . . 548	

Das spectroskopische Verhalten der Borsäure in der Bunsenflamme beschrieb ferner auch Lecocq de Boisbeaudran [1]) sehr genau; er brachte etwas Borsäure mittelst feinem Platindraht in die Flamme des Bunsenbrenners und mass die schön definierten Borsäurebanden.

Als die am meisten charakteristischen gab er die Banden von $\lambda = 5480$, 5807 und 4941 an (die übrigen von Lecocq gemessenen Banden sind in unserer nachfolgenden Tabelle angeführt). Während das Flammenspectrum sehr deutlich ist, sagt Lecocq vom Funkenspectrum einer Borsäurelösung, dass letzteres schwach sei und die Borsäurebanden des Flammenspectrums erkennen lasse [2]). Diese letzteren treten deutlich hervor, wenn man der Borsäurelösung eine Spur Salzsäure zufügt.

Das ultraviolette Spectrum der grünen Borsäureflammen war bis jetzt noch nicht untersucht worden, weshalb wir dasselbe in den Bereich unserer Untersuchungen einbezogen haben, in der Erwartung, neue ultraviolette, stark brechbare Linien oder Banden zu erhalten oder einen eventuellen Zusammenhang zwischen dem Borfunken- und dem Borsäureflammenspectrum zu finden.

Unsere Versuche haben gezeigt, dass das Borsäureverbindungsspectrum nur rein in der Borsäureflamme auftritt und zwar sowohl in der Flamme eines mittelst auf Platindraht befindlicher fester Borsäure gespeisten Bunsenbrenners, als auch, und zwar besser, in einer farblosen Leuchtgas- oder Wasserstoff-Famme, welche mit Borsäure-Aethyl gespeist worden ist. Die in letzteren Fällen erzielte grüne Flamme ist sehr hell und gibt regelmässig breite Banden, deren Verlauf im Violett und Ultraviolett wir eingehend studiert haben.

Wir erhielten bei Verwendung von mit Borsäure-Aethyl geschwängertem Leuchtgas, welches im Linneman'schen Gebläse unter Benützung von Sauerstoff zur Verbrennung gelangte, bei einstündiger Exposition sechs neue violette und ultraviolette Banden, welche bezüglich ihres Charakters und bezüglich der regelmässigen Abstände von einander den sichtbaren Banden gleichen. Selbst bei gesteigertem Drucke des in die Borsäureflamme einströmenden Sauerstoffes (bis 20 *cm* Quecksilbersäule) und 3stündiger Belichtung erhielten wir keine weiteren Banden von kürzerer Wellenlänge. Die Versuchsanordnung war eine derartige, dass solche stärker brechbare Banden der Beobachtung keinesfalls entgehen konnten, da sogar die lichtarme Wasserbande (γ), welche sich bis weit ins Ultraviolett erstreckt, deutlich hervortrat, ohne dass in diesem stärker brechbaren Bezirke eine Borsäurebande auf der Platte zu sehen war.

---

[1]) «Spectres lumineux», 1874, pag. 191.

[2]) Bei starkem Flaschenfunken tritt nur das Spectrum des elementaren Bor infolge Spaltung der Borsäure auf (s. Eder und Valenta a. a. O.).

Das Borsäureverbindungsspectrum weist überhaupt nur weniger brechbare Banden auf, von denen die charakteristischen im sichtbaren Theile liegen; die Hauptbande ist die Bande α, bei $\lambda = 5478$ gelegen. Von da erstrecken sich die Banden über das Violett und allmählich schwächer werdend bis Beginn des Ultraviolett. Die Banden sind breit, nach beiden Seiten annähernd gleichmässig abschattiert. Nur bei der Bande α, $\lambda = 5478$, konnte eine deutliche starke Linie, in der Mitte der Bande gelegen, constatiert werden, bei allen übrigen treten keine Linien auf. Es ist auffallend, dass das Verbindungsspectrum der Borsäure keine kurzwelligen Banden oder Linien aufweist, während das Spectrum des elementaren Bor seine charakteristischen Linien gerade im brechbareren Theile und im stark brechbaren Ultraviolett zeigt.

Tabelle der im Borsäure-Flammenspectrum auftretenden Linien und Banden.

	Salet	Lecocq	Eder und Valenta	*i*	
					alle Banden und Linien gehören der Borsäure selbst an
Orange	6400	6397	6398	3	
	6200	6210	6208	3	
	6030	6031	6030	3	
Gelb	5800	5807	{ 5795	5	erstes } Maximum der Bande
			{ 5594	4	zweites } Maximum der Bande
Grün	5480	{ 5480	5478	10	Mitte einer starken breiten Linie, die im ersten Maximum der Bande liegt
		{ 5439	5440	8	zweites Maximum der Bande
	5200	5192	{ 5212	6	erstes } Maximum der Bande
			{ 5172	8	zweites } Maximum der Bande
	4910	4941	4920	6	Mitte des Maximums einer breiten Bande
Blau	4700	4721	4709	6	} Mitte einer ziemlich breiten Bande
	4540	4529	4529	5	} Mitte einer ziemlich breiten Bande
			4334	5	} Mitte einer ziemlich breiten Bande } neu
			4191	5	} Mitte einer ziemlich breiten Bande } neu
Violett {			{ 4094	6	erstes } Maximum der Bande } neu
			{ 4020	4	zweites } Maximum der Bande } neu
Ultraviolett {			{ 3894	3	} Mitte einer schwachen Bande } neu
			{ 3768	1	} Mitte einer schwachen Bande } neu

Absorptionsspectren von farblosen und gefärbten Gläsern mit Berücksichtigung des Ultraviolett.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien am 4. Mai 1894.)

Die Absorption des farbigen, sowie des ultravioletten Lichtes durch Gläser von verschiedener Zusammensetzung verdient besondere Aufmerksamkeit, weil die Verwendung der verschiedenen Glassorten zu optischen und insbesondere auch zu photographischen Zwecken häufig durch ihre Durchlässigkeit gegenüber Lichtstrahlen von verschiedenen Wellenlängen bedingt erscheint. Dies gilt namentlich von den neuen Jenenser Glassorten, welche in den Glasschmelzereien von Schott und Genossen in Jena erzeugt und neben anderen optischen Zwecken auch in ausgedehntem Masse zur Herstellung von photographischen Objectiven verwendet werden.

Während die Daten für das Lichtbrechungsvermögen dieser Gläser bekannt sind, ist dies nicht bezüglich ihrer Durchlässigkeit für ultraviolette Lichtstrahlen der Fall [1].

Da bekanntlich gewöhnliches Crown- und Flintglas bezüglich ihres Absorptionsvermögens für ultraviolettes Licht sich sehr verschieden verhalten, so bot die Untersuchung der neuen Glassorten in dieser Richtung ein Interesse, welches nicht des praktischen Hintergrundes für die Objectiverzeugung entbehrt; dies gilt besonders für die Baryt-, Phosphat-, Borat- und Zinkgläser, welche von obgenanntem Institute hergestellt werden.

Auch über die Absorptionsverhältnisse der durch Metalloxyde gefärbten Glasflüsse liegen keine zusammenhängenden Untersuchungen vor, wenigstens keine solchen, bei denen auf die Zusammensetzung der Glasflüsse, welche bei Herstellung der Gläser zum Ausgangspunkte gedient haben, Rücksicht genommen wurde. Aus diesem Grunde stellten wir nachfolgende Versuchsreihen an.

---

[1] Die Untersuchungen von Schjerning «Über die Absorption der ultravioletten Lichtstrahlen durch verschiedene Gläser» (Berlin 1885, Inaug.-Dissertation) haben die älteren Crown- und Flintgläser zum Gegenstande. Schjerning benützte zu seinen Untersuchungen ein Concavgitter von 3·9 *m* Krümmungsradius und Bromsilbergelatinetrockenplatten; als Lichtquelle diente ihm Sonnenlicht. Bei diesen Arbeiten erwiesen sich jene Gläser am durchlässigsten für ultraviolettes Licht, welche das geringste specifische Gewicht besassen; jedoch sagt Schjerning selbst, dass diese Regel keine allgemeine Giltigkeit hat, sobald die Gläser abweichende chemische Zusammensetzung zeigen. Da zur Zeit der Arbeiten Schjerning's die Jenenser Glassorten, welche heute in der angewandten Optik eine grosse Rolle spielen und bei denen gerade die chemische Zusammensetzung des Glases eine sehr variable ist, nicht existierten, so sind diese Untersuchungen für unsere eigenen Arbeiten belanglos geblieben.

I. Über die Absorption des ultravioletten Lichtes in farblosen Gläsern.

Das Materiale zu den Versuchen über die Absorption des ultravioletten Lichtes in farblosen Gläsern wurde uns freundlichst von Herrn Dr. Schott in Jena zur Verfügung gestellt. Die Gläser wurden in planparallelen Scheiben von je 1 *cm* und 1 *mm* Dicke zerschnitten, geschliffen, poliert und dann vor den Spalt eines Quarzspectrographen gebracht. Als Lichtquelle diente der zwischen Elektroden aus einer Legierung von Blei, Zink und Cadmium[1]) überschlagende Funke eines grossen Ruhmkorff'schen Inductoriums. Das Absorptionsspectrum dieses Lichtes in Glas wurde auf Bromsilbergelatineplatten photographiert; die Belichtungszeiten waren 1 bis 10 Minuten.

Durch den Vergleich der Absorptionsspectren der dünnen und der dickeren Glasplatten liess sich ein guter Überblick über das verschieden starke Absorptionsvermögen der einzelnen Glassorten gewinnen.

Die untersuchten Glassorten sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

	Fabrikations-Nr.	Benennung	Brechungs-Index für D	Mittlere Dispersion C bis F	$v = \frac{n-1}{\Delta n}$	Partielle Dispersion			Absorption in der Dicke von 1 *mm*		Absorption in der Dicke von 10 *mm*	
						C—D	D—F	F—G'	Beginn einer schwachen Absorption	Eintritt der starken (völligen) Absorption	Beginn einer schwachen Absorption	Eintritt der starken (völligen) Absorption
									λ	λ	λ	λ
1.	154	gewöhnliches Silicat-Leicht-Flint	1·57101	0·01327	43·0	0·00384	0·00943	0·00791	304	300	330	323
2.	103	gewöhnliches Silicat-Flint	1·62016	0·01709	36·2	0·00489	0·01220	0·01041	314	301	340	328
3.	522	Baryt-Leicht-Flint .	1·55536	0·01153	48·2	0·00334	0·00819	0·00677	303	298	324	318
4.	499	gewöhnliches Silicat-Crown	1·51850	0·00885	58·6	0·00262	0·00620	—	300	295	325	320
5.	608	Crown mit hoher Dispersion	1·51494	0·00943	54·6	0·00277	0·00666	0·00543	290	285	320	314
6.	225	Leicht-Phosphat-Crown	1·51593	0·00737	70·0	0·00222	0·00515	0·00407	275	249	314	307
7.	545	gewöhnliches Zink-Silicat-Crown . .	1·51842	0·00886	58·5	0·00262	0·00624	—	285	277	321	315
8.	245	Baryt-Silicat-Crown	1·50958	0·00796	64·0	0·00238	0·00558	—	285	276	322	316
9.	560	Englisches Hard-Crown	1·51681	0·00857	60·3	0·00253	0·00604	—	296	279	325	320

Die beigegebene heliographische Tafel zeigt eine Serie der von uns hergestellten vergleichenden photographischen Aufnahmen der Absorptionsspectren dieser Gläser; die in der vorstehenden Tabelle aufgenommenen Zahlen sind das Mittel aus drei Versuchsreihen.

Wie man sowohl aus den Tafelfiguren, als auch aus den Wellenlängen jener Lichtstrahlen, bei denen die Absorption sich geltend macht, wie selbe die Tabelle zeigt, entnehmen kann, verhalten sich die Gläser dem ultravioletten Lichte gegenüber sehr verschieden.

Am ungünstigsten, das heisst am wenigsten durchlässig für die ultravioletten Strahlen, erwies sich das gewöhnliche Silicat-Flintglas. Das neue Baryt-Flintglas absorbiert in dünnen Schichten das Ultraviolett in den Regionen $\lambda = 300\ \mu\mu$, das ist zunächst den Fraunhofer'schen Linien P bis T, in geringem Grade; dickere Schwerflintglasschichten absorbieren das ultraviolette Licht schon von K ab in erheblichem Masse, bei Baryt-Flintglas in dickerer Schicht dagegen tritt eine erhebliche Absorption erst bei M oder N ein.

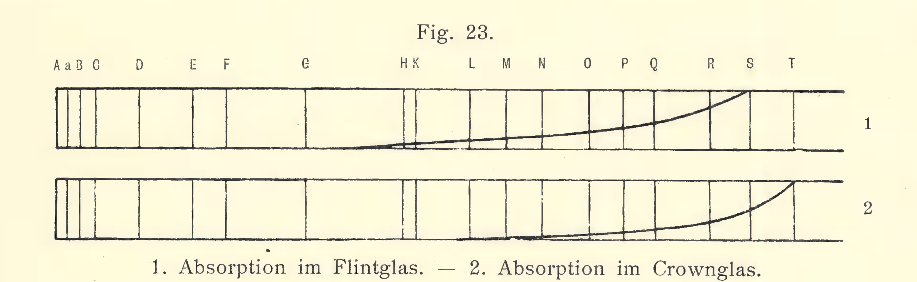
[1]) Vergl. pag. 44 dieser Abhandlungen.

Die Absorption des Baryt-Flintglases ist in dünnen Schichten nahezu dieselbe wie bei englischem Hard-Crown; in dickeren Schichten jedoch nimmt die Undurchlässigkeit des Flintglases gegen das Ultraviolett rascher zu, als dies bei dem genannten und anderen Crowngläsern der Fall ist.

Eine sehr befriedigende Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht zeigt das Crownglas von hoher Dispersion (Nr. 5), sowie das Zink- oder Bor-Crownglas; alle diese Gläser aber übertrifft das Leichtphosphat-Crownglas (Nr. 6), welches von allen Gläsern die grösste Durchlässigkeit für die ultravioletten Lichtstrahlen (von $\lambda = 300$ an) zeigt. Jedoch ist auch diese Glasart trotz ihres relativ günstigen Verhaltens dennoch nicht im entferntesten an Durchlässigkeit für das Ultraviolett mit dem Quarz zu vergleichen, wie aus der beigegebenen heliographischen Tafel, Fig. 2, 7 und 1, unmittelbar hervorgeht.

Dickere Schichten von gewöhnlichem Schwerflintglas (mehrere Centimeter stark) üben für Strahlen vom Beginne des Ultraviolett, ja sogar schon für die brechbarsten violetten Strahlen nächst der Fraunhofer'schen Linie *H* ($\lambda = 496 \cdot 8$), eine, wenn auch schwache, so doch schon merkliche absorbierende Wirkung aus, während eine eben so starke Absorption bei Baryt-Leichtflintglas erst bei den Linien *M* oder *N* auftritt und bei Crowngläsern etwa bei *O*. Die Curve, welche die Absorption der Gläser bei zunehmender Glasstärke gegen ultraviolettes Licht zum Ausdruck bringen soll, steigt jedenfalls bei allen Flintgläsern rascher als bei den Crowngläsern und zwar bei den ersteren in umso höherem Grade, als der Bleigehalt wächst.

Fig. 23.



1. Absorption im Flintglas. — 2. Absorption im Crownglas.

Den typischen Verlauf der Absorption des ultravioletten Lichtes in Crownglas einerseits und Flintglas andererseits zeigt die nebenstehende Figur.

Da die zu photographischen Objectiven verwendeten Linsen in der Regel mit Canadabalsam verkittet werden und bereits Hartley auf die absorbierende Wirkung dieses Körpers aufmerksam machte, so bezogen wir auch den Canadabalsam in den Kreis unserer Untersuchungen über Lichtabsorption ein. Zu diesem Zweke verkitteten wir zwei Bergkrystallplatten mit Canadabalsam und photographierten das Funkenspectrum der genannten Metallegierung in analoger Weise wie bei Bestimmung des Absorptionsvermögens der Gläser. Hiebei ergab sich, dass die stärkste Absorption des Ultraviolett bei ungefähr $\lambda = 298 \cdot 0$, das ist hinter der Fraunhofer'schen Linie *U*, beginnt; es ist somit die Absorption für die stark brechenden Strahlen eine geringere als bei den besten 1 *cm* dicken Gläsern, etwas grösser als bei den 1 *mm* dicken Crownglasplatten, dagegen etwas kleiner als bei den 1 *mm* dicken Flintgläsern (vergl. obige Tabelle). Daraus geht hervor, dass Canadabalsam für Glaslinsen bezüglich der Absorption im Ultraviolett ein durchaus unschädliches Verkittungsmittel ist, weil sein diesbezügliches Absorptionsvermögen ein derartiges ist, dass es erst bei jenen stark brechbaren ultravioletten Strahlen zur Geltung kommen würde, welche vom Glase ohnedies absorbiert werden. Dagegen werden Quarzkörper durch Canadabalsam in ihrer Durchlässigkeit für Ultraviolett stark geschädigt und betreffs ihrer Leistungsfähigkeit auf jene von Glaskörpern herabgedrückt, selbst wenn die Dicke der Verkittung nur $^1/_{10}$ *mm* betragen würde. Dickes Glycerin, welches bereits V. Schumann als Bindemittel für Quarzprismen zu Zwecken der Spectrumphotographie empfohlen hat, ist dagegen für die ultravioletten Strahlen so durchlässig, dass das Spectrum bis zur Zinklinie $\lambda = 2024$ ungeschwächt durchdringt, wie die beigegebene heliographierte Tafel (VIII), Fig. 20, zeigt.

Es fragt sich nun, ob bei photographischen Arbeiten im Tageslichte Quarzlinsen gegenüber Glaslinsen sich als erheblich vortheilhaft erweisen würden, angenommen, dass die photographischen Objective dieselbe relative Helligkeit (Verhältnis der wirksamen Öffnung zur Brennweite) hätten. Zu diesem

Zwecke verglichen wir eine einfache planconvexe Quarzlinse bei gleicher Abblendung mit einer einfachen Crownglaslinse (Focus für die Faunhofer'sche Linie $D = 75\,cm$), indem wir beide zu photographischen Aufnahmen im diffusen Tageslichte verwendeten. Dabei ergab sich, dass die praktische photographische Wirksamkeit auf Bromsilbergelatineplatten nahezu gleich ist. Die Quarzlinse ist etwas lichtstärker, welcher Unterschied jedoch kaum bemerkbar war [1]). Bedenkt man, dass die Glaslinse so viel vom photographisch stark wirkenden Ultraviolett absorbiert, welches durch die Quarzlinse unbehindert durchgeht, so ist das Resultat vielleicht befremdend; jedoch findet diese Erscheinung alsbald ihre Erklärung in dem Umstande, dass das Tageslicht relativ wenig stark brechende, ultraviolette Strahlen enthält und das diffuse reflectierte Tageslicht, mit dem wir es in der Regel in der photographischen Praxis zu thun haben, arm an Strahlen von kleinerer Wellenlänge als $\lambda = 390$ ist. Die Lichtstrahlen, welche den Fraunhofer'schen Linien L bis N entsprechen, spielen unter diesen Verhältnissen eine nebensächliche Rolle und zwar umsomehr, als das Maximum der Empfindlichkeit der Bromsilbergelatineplatten im Hellblau des Spectrums zwischen ($\lambda = 438$ bis $\lambda = 430$) liegt [2]); da nun sogar die directen Strahlen des Sonnenspectrums auf Bromsilbergelatine in der Nähe der Linie M nur mehr $^1/_{10}$ der Wirkung im Blau äussern und da ferner im diffusen reflectierten Tageslichte diese ultravioletten Strahlen noch schwächer auftreten, so erklärt es sich, dass die ultravioletten Strahlen von kleinerer Wellenlänge, als jene der Frauenhofer'schen Linie M bei der Herstellung von photographischen Bildern in der Camera mittelst Bromsilberplatten wenig in Betracht kommen.

Es liefern also Crowngläser für praktische photographische Arbeiten im diffusen Tageslichte sowohl für sich allein, als auch unter Anwendung von Canadabalsam hinreichend für Ultraviolett durchlässige Linsen, so dass an einen Ersatz für diese Linsen durch solche aus Quarz nicht gedacht zu werden braucht.

Anders verhält es sich mit Schwerflintglaslinsen; diese üben in dichteren Schichten eine merkliche Absorption im Violett und eine sehr starke im Beginne des Ultraviolett aus. Bedenkt man, dass die Lichtstrahlen nächst N ungefähr die halbe photographische Wirkung auf Bromsilber äussern, als jene im Maximum der Wirkung (Hellblau nächst der Linie G), so ist es sofort ersichtlich, dass photographische Objective, welche Schwerflintglas als Componenten enthalten, bei gleicher relativer Öffnung $\left(\frac{\text{Durchmesser}}{\text{Brennweite}}\right)$ nur die halbe photographische Wirkamkeit des Bildes liefern werden, gegenüber einfachen derartigen Linsen, welche nur aus Crownglas bestehen; dem Crownglas nahe, aber demselben nicht gleichkommend sind Combinationen, welche neben Crownglas noch Barytleichtflintglas-Linsen enthalten. Dieses Verhalten der Gläser ist von Wichtigkeit bezüglich des Verhältnisses der optischen Helligkeit zur photographischen Wirkung des Lichtbildes bei Anwendung verschiedener Objectivtypen.

II. Gefärbte Gläser.

Die Absorptionsspectren der mit Metalloxyden gefärbten Glasflüsse weisen sowohl im sichtbaren, als auch im ultravioletten Theile eine grössere Mannigfaltigkeit auf, als die farblosen Gläser.

Auch hier liegen keine zusammenhängenden Untersuchungen über Zusammensetzung, Farbe, Absorptionsspectren vor.

Das von uns untersuchte Materiale verdanken wir der Freundlichkeit der Herren Professor Dr. Linke und Adjunkt Adam am k. k. österreichischen Museum für Kunst und Industrie in Wien, welche

---

[1]) Schwerflintglas-Linsen verhalten sich merklich ungünstiger, ebenso gewöhnliche achromatisierte Glaslinsen, welche aus Crown- und Flintglas combiniert sind.

[2]) Vergl. O. Lohse: «Die Wirkung der Farben auf Bromsilbergelatineplatten». (Jahrbuch f. Photographie und Reproductionstechnik für 1894, pag. 271.)

auf unser Ersuchen die Glassätze mit grösster Sorgfalt im chemischen Laboratorium der keramischen Versuchsanstalt herstellten. Die Glasflüsse wurden in Platten von verschiedener Dicke zerschnitten, diese geschliffen und poliert, so dass planparallele Gläser von 1 *mm* und $^1/_2$ bis 1 *cm* Stärke resultierten, welche zum Ausgangspunkte unserer Untersuchungen dienten.

Die Untersuchung der Absorptionsspectren im sichtbaren Theile geschah mit Hilfe eines Krüss'schen Spectroskopes, dessen Scala auf Wellenlängen umgerechnet wurde, während wir uns zur Untersuchung des ultravioletten, sowie des gelben bis violetten Theiles der photographischen Methode bedienten.

Die photographierten Spectren erstreckten sich, da wir orthochromatische (Erythrosin-) Platten verwendeten, bis über die Fraunhofer'sche Linie *D*, wodurch eine Controle der directen Ablesungen am Spectroskope, welche wir machten, ermöglicht wurde.

Bei diesen Vergleichen zeigte sich recht deutlich die geringe Zuverlässigkeit des menschlichen Auges für Beobachtungen im Violett, denn die von *G* bis *H* sichtbaren Absorptionsspectren, waren wegen ihrer Lichtschwäche so wenig übereinstimmend mit den photographischen Spectren, dass sie als unverlässlich aus der Beobachtungsreihe ausgeschieden werden mussten.

Die zur Untersuchung verwendeten Glasmassen wurden von den bereits erwähnten Herren Professor Dr. Linke und Adjunct Adam in folgender Weise hergestellt: Als Ausgangspunkt diente ein Glassatz, welcher der Zusammensetzung $2CaO$, $1K_2O$, $1Na_2O:10SiO_2$ entspricht. In diesem Gemenge wurde ein Theil der SiO_2 durch Borsäure ersetzt, wodurch ein Glas folgender Zusammensetzung nach dem Schmelzen resultierte:

A) $2CaO,\ 1K_2O,\ 1Na_2O:8SiO_2,\ 2B_2O_3$
$1RO:(2SiO_2,\ 0\cdot5B_2O_3)$.

Da aber die Färbung des Glases wesentlich auch von seiner Zusammensetzung, insbesondere von der Grösse des Bleigehaltes, abhängig ist, so wurden zur Färbung auch Bleigläser hergestellt und zwar:

B) $1RO:(2\cdot5SiO_2,\ 0\cdot3B_2O_3)$, wobei
$RO = 0\cdot32PbO,\ 0\cdot52K_2O,\ 0\cdot16Na_2O$ ist.

C) Formel wie bei *B*), jedoch $RO = 0\cdot82PbO,\ 0\cdot18K_2O,\ 1\cdot55SiO_2$.

Zur Erzielung eines rein gelben Chromsäure- und grünen Kupferglases mussten sogar reine Bleigläser, aus Minium und Sand erzeugt, verwendet werden, und zwar:

D) $1PbO:1\cdot66SiO_2$.

Zur Färbung wurden nur absolut reine Präparate, Kobaltoxyd, aus von den genannten Herren selbst dargestelltem Kobaltoxydkali gewonnen, Nickeloxyd aus kupferfreiem Nickelvitriol, aus dem vorher die nicht unbedeutende Menge des Kobalt vollkommen entfernt worden war, benützt. Zur Färbung mit Manganoxyd wurde eisenfreies Manganoxydul und zur Färbung mit Kupferoxyd desgleichen ein eisenfreies Kupferoxyd verwendet.

Grosse Schwierigkeiten bot die Färbung mit Chromoxyd, respective Chromsäure und jene mit Eisenoxyd, respective Eisenoxydul, weil hiebei ausser der Zusammensetzung des Glassatzes noch die Höhe der Ofentemperatur und die Beschaffenheit der Ofenatmosphäre Einfluss auf die Nuance der entstehenden Färbung nehmen. So wurden beispielsweise die Gläser Nr. 13 und 14 der später angeführten Tabelle durch Zugabe von 4% Eisenoxyd zum Glassatze *B* hergestellt, nur wurde Glas Nr. 13 in reducierender Ofenatmosphäre (Coaksofen) und Glas Nr. 14 in oxydierender Ofenatmosphäre (Gasofen) geschmolzen.

Das Glas Nr. 13 ist jedenfalls oxydulhältig und unterscheidet sich in der Farbe wesentlich von Glas Nr. 14, welches ein Eisenoxydglas darstellt.

Ähnliches zeigte sich beim Schmelzen von Chromgläsern. Reines Bleiglas (*D*) erhielt durch Verschmelzen mit Chromoxyd ganz dieselbe Färbung, wie durch Verschmelzen mit chromsaurem Kali, so dass es unmöglich erscheint, ein Chromoxydglas von dieser Zusammensetzung herzustellen. Dagegen zeigten die Gläser Nr. 8 und 9, welche der Formel *A*) entsprechen, eine Differenz in der Farbe. Das durch Verschmelzen mit Chromoxyd erhaltene Glas Nr. 8 erscheint rein grün, während das mittelst Kaliumchromat erzielte Glas Nr. 9 mehr gelbgrün erscheint, was wohl darauf hindeuten würde, dass dasselbe neben Cr_2O_3 auch CrO_3 enthält.

Wir geben in folgendem eine Übersicht der gefärbten Glasflüsse:

Nr.			Satz	mit %		
Nr. 1	Kobaltglas	aus Satz	*B*	mit 1 %	Kobaltoxyd	verschmolzen
„ 2	Kupferglas	„ „	*A*	„ 3 „	Kupferoxyd	„
„ 3	„	„ „	*D*	„ 1 „	„	„
„ 4	Uranglas	„ „	*A*	„ 2 „	Uranoxydnatron	„
„ 5	„	„ „	*B*	„ 2 „	„	„
„ 6	Manganglas	„ „	*B*	„ 1 „	Mn_3O_4	„
„ 7	„	„ „	*D*	„ 1 „	„	„
„ 8	Chromglas	„ „	*A*	„ 0·4 „	Cr_2O_3	„
„ 9	„	„ „	*A*	„ 1 „	K_2CrO_4	„
„ 10	„	„ „	*D*	„ 1 „	„	„
„ 11	Nickelglas	„ „	*B*	„ 1 „	Nickelcarbonat	„
„ 12	„	„ „	*D*	„ 1/2 „	„	„
„ 13	Eisenglas	„ „	*B*	„ 4 „	Fe_2O_3 reducierend	„
„ 14	„	„ „	*B*	„ 4 „	„ oxydierend	„
„ 15	„	„ „	*C*	„ 4 „	„ „	„
„ 16	„	„ „	*D*	„ 4 „	„ „	„

Die Untersuchungsergebnisse bezüglich der Absorptionen von Roth bis zum Beginne des Ultraviolett, welche bei Glasmassen zufolge der Eigenabsorption des farblosen Glases überhaupt in Betracht kommen (das ist bis zur Fraunhofer'schen Linie *T*), sind in nachfolgenden Figuren zusammengestellt. Die Curven, welche den Verlauf der Absorption zum Ausdrucke bringen, sind auf die Fraunhofer'schen Linien (Cornu) bezogen.

Ausser den bereits erwähnten Glasflüssen haben wir zu diesen Untersuchungen eine Reihe von farbigen Gläsern, welche uns Herr Zettler, Director des königlich baierischen Institutes für Hof-Glasmalerei in München zur Verfügung stellte, benützt. Das Untersuchungsergebnis ist an der Hand von zwei Figuren mit Absorptionscurven (bezogen auf die Fraunhofer'schen Linien) im Nachstehenden zusammengefasst.

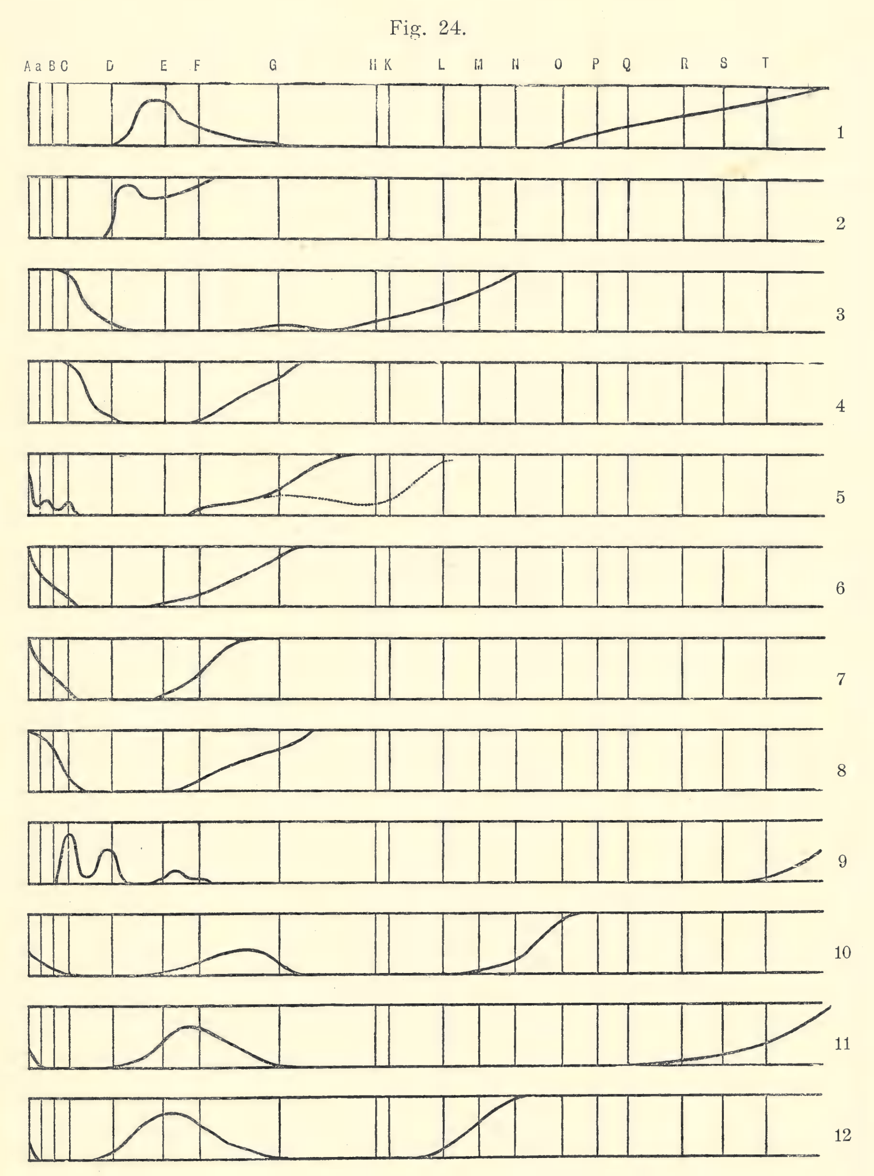
1. Goldrubin-Glas (Überfangglas), s. Fig. 24, Nr. 1. — Farbe bläulichroth. — Das Maximum der Absorption liegt zwischen *D* und $^1/_2$ *E*. Das Absorptionsband erstreckt sich einerseits gegen *D*, andererseits gegen *G*. Das Goldrubinglas ist für Blau und Violett, sowie für den Beginn des Ultraviolett stark durchlässig. Zwischen der ultravioletten Linie *N* und *O* beginnt eine gegen das brechbarere Ende rasch wachsende Absorption.

2. Kupferoxydul-Überfangglas (Kupferrubin), s. Fig. 24, Nr. 2. — Farbe roth. — Zeigt in dickeren Schichten eine Absorption bis über *D*. Dünne Schichten zeigen ein Absorptionsmaximum bei *D* bis $^1/_3 E$, darnach tritt ein deutlicher grünblauer Lichtschimmer auf und erst von beiläufig *F* angefangen

wird die Absorption total. Für die brechbareren Strahlen ist rothes Kupferoxydulglas nicht durchlässig, weshalb es sich sehr gut zur Herstellung von Dunkelkammerscheiben für photographische Zwecke eignet.

3. Kupferoxydgläser (in der Masse gefärbt), s. Fig. 24, Nr. 3 und 4, können je nach der Zusammensetzung des Glassatzes blau, blaugrün bis grün gefärbt erscheinen. Bleifreies Kali-Natronglas (Glassatz *A*) gibt blaugrüne bis blaue Gläser, wogegen Bleisilicatgläser grüne Färbungen annehmen. Die Absorptionsverhältnisse dieser Gläser sind auffallend verschieden. Das mit Kupferoxyd gefärbte Kali-Natronglas gibt einen Absorptionsstreifen im Roth und lässt gelbes, grünes und blaues Licht bis nahe *G* durch; bei *G* findet sich ein kleines Absorptionsband, worauf die Absorption sich im Violett bei *G*, $^1/_2$ *H* vermindert und bei *H* rasch gegen das Ultraviolett ansteigt. Das Bleiglas, welches mit Kupferoxyd gefärbt ist, weist ein ähnliches Absorptionsband wie das vorige im Roth auf, es geht jedoch hauptsächlich gelbes und grünes, dagegen nur wenig blaues Licht durch, so dass eine kräftige Absorption schon im Blau stattfindet und sich ansteigend über Violett und Ultraviolett erstreckt.

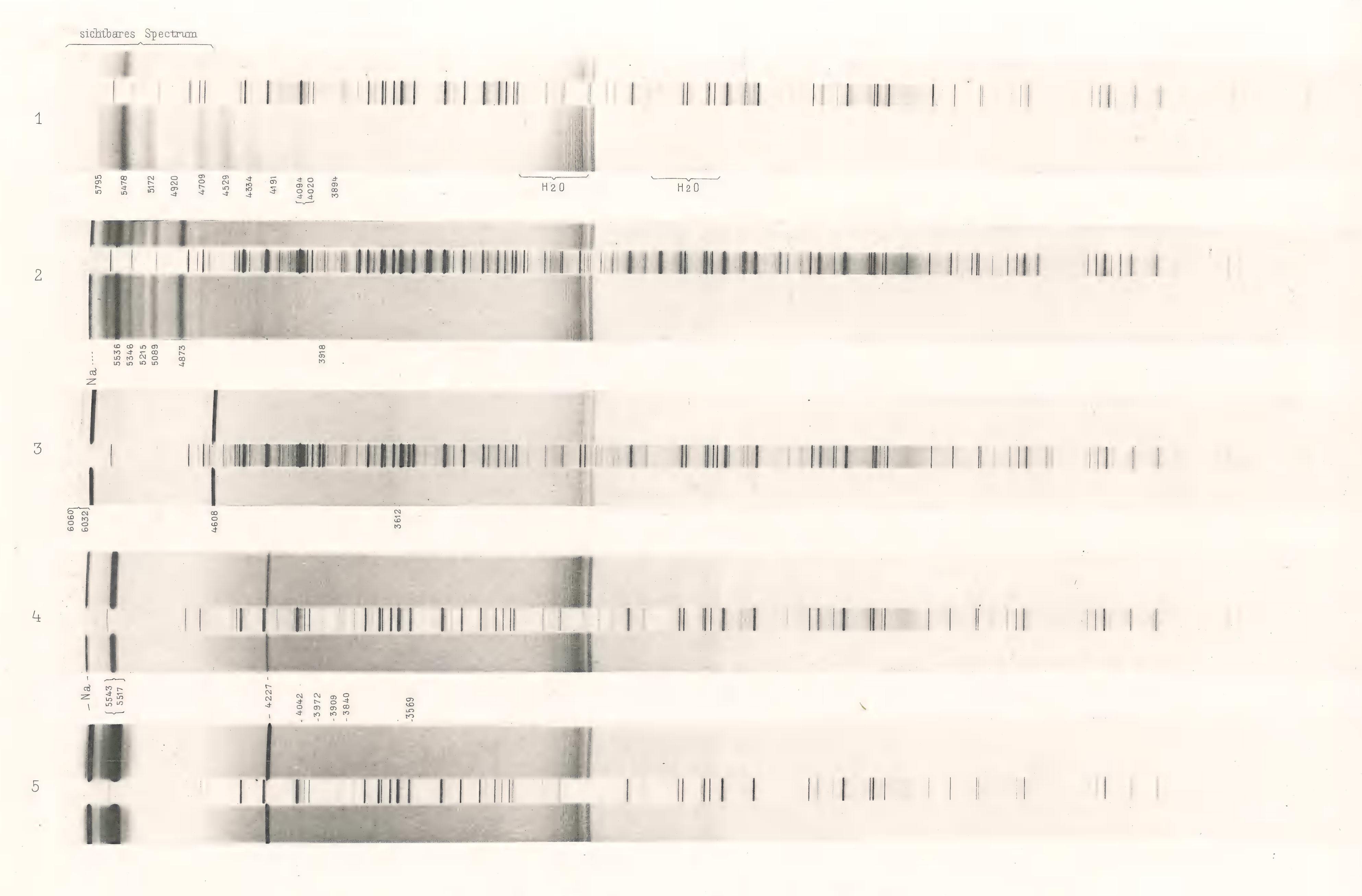
Fig. 24.



1. Goldrubin, roth. — 2. Kupferoxydul, roth. — 3. Kupferoxyd, Glassatz *A*, blaugrün. — 4. Kupferoxyd, Glassatz *D*, grün. — 5. Chromoxyd, Glassatz *A*, grün. — 6. Chromsaures Kali, Glassatz *A*, gelb. — 7. Chromsaures Kali, Glassatz *D*, gelb. — 8. Chromsaures Kupferoxyd, Glassatz *A*, blaugrün — 9. Kobaltglas *A*, blau. — 10. Nickelglas *D*, braungelb. — 11. Mangan, Glassatz *B*, violett. — 12. Mangan, Glassatz *D*, violett.

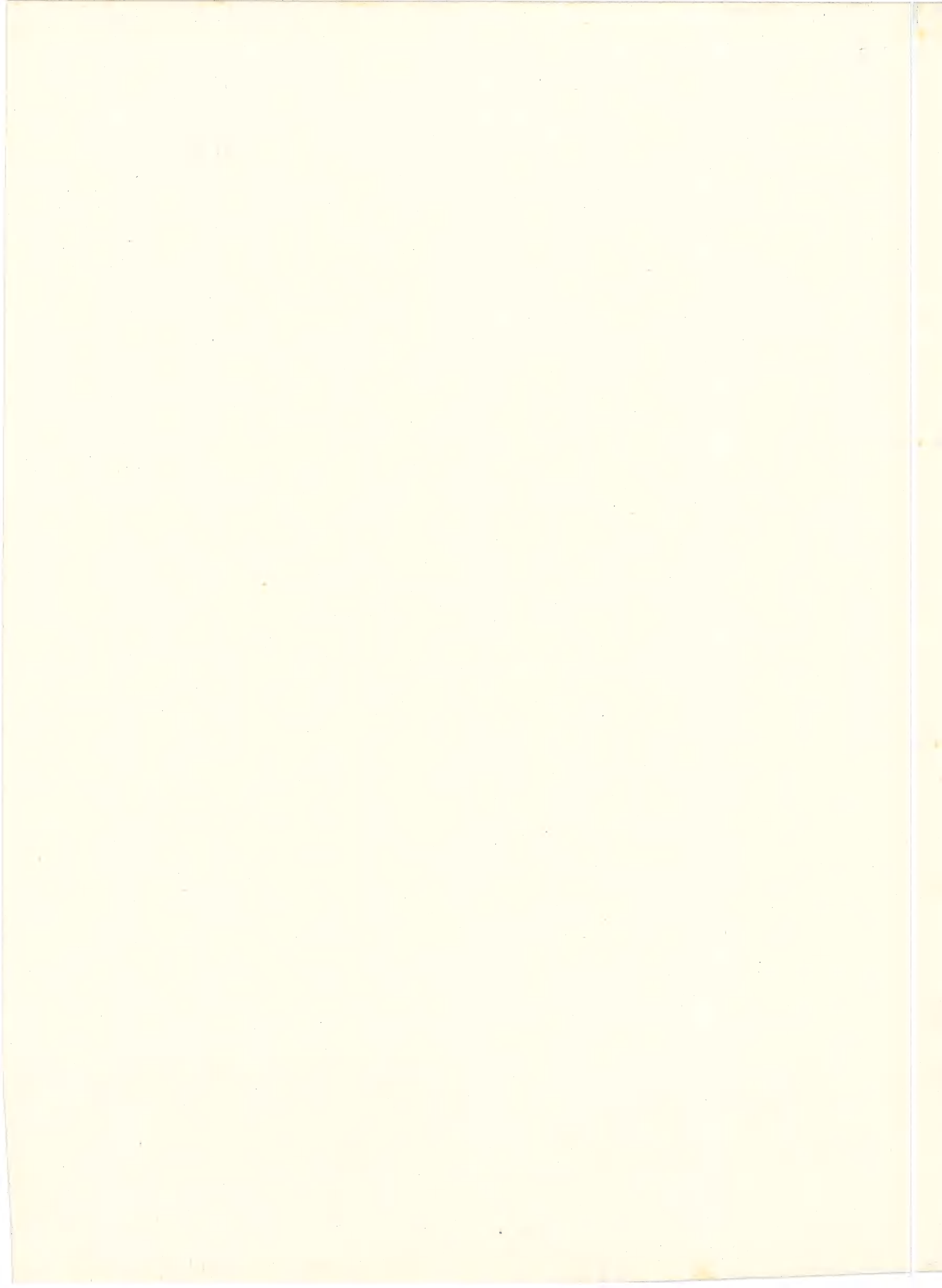
Beim Bleiglase wird also im Vergleiche mit den reinen Alkaligläsern der Absorptionsstreifen vom brechbareren Ende des Spectrums gegen das weniger brechbare verschoben.

4. Chromoxydgläser, s. Fig. 24, Nr. 5, durch Eintragen von Chromoxyd in geschmolzene Glasflüsse erhalten, sind grün und zwar von reinerem Grün (Grasgrün) als Kupferoxydgläser. Das Absorptionsband, welches sich von Roth bis gegen Gelb erstreckt, zeigt in der Regel zwei schwache Maxima bei *B* und *C* gegen *D*. Gelbes und grünes Licht geht fast ungeschwächt hindurch. Bei der Fraunhofer'schen Linie *F* beginnt die Absorption, welche langsam bis ins Blau (bei *G*) ansteigt; bei intensiv gefärbten Gläsern tritt starke Absorption schon im Blau und Violett ein, bei schwach gefärbten (besonders bei borsäurefreien gewöhnlichen Natrongläsern) erstreckt sich die mittlere Absorption von *E* bis *H*; sie wird erst im Ultraviolett stark (s. punktierte Curve).



Bunsen'sche Flammenreactionen im ultravioletten Spectrum.

1. Flammenspectrum der Borsäure. — 2. Flammenspectrum der Barytsalze. — 3. Flammenspectrum der Strontiumsalze. — 4. Flammenspectrum des Calciumnitrates. — 5. Flammenspectrum des Calciumchlorides.



5. Chromatgläser, s. Fig. 24, Nr. 6 und 7, mittelst Kaliumchromat in Glasschmelzen erhalten, zeigen eine gelbe Farbe. Die Absorption weicht von den vorher erwähnten Chromoxydgläsern insoferne ab, als der Absorptionsstreifen von Blau weiter gegen Blaugrün und Grün vorrückt (bis gegen E), während im Roth und Orange gleichfalls eine Absorption eintritt.

Bei den bleifreien Gläsern verlauft die Absorptionscurve langsamer im Blau als bei den Bleigläsern; bei den letzteren rückt das Absorptionsband weiter von Dunkelblau gegen Hellblau, respective Grün vor, so dass es gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums verschoben erscheint.

6. Kupferchromatgläser, s. Fig. 24, Nr. 8, sind feurig gelbgrün und ihre Absorptionsspectren entsprechen den Mischungen von Kupferoxyd mit Chromatgläsern.

7. Kobaltgläser, s. Fig. 24, Nr. 9 (bleifrei), sind bekanntlich blau; ihr Absorptionsspectrum ist seit Langem bekannt. Dunkelblaue Kobaltgläser absorbieren das ganze Orange mit Ausnahme der dunkelrothen Strahlen nächst A und a bis B; schwächer gefärbte Gläser lassen in diesem Absorptionsbande zwei Maxima (bei C im Roth und $C^4/_5 D$ im Orangegelb) erkennen, von denen das letztere sich über D hinaus bis ins Gelbgrün erstreckt. Für die grünen Strahlen zwischen D und E ist ein Minimum der Absorption vorhanden, dagegen tritt von E bis über F (Maximum $E\,^1/_2 F$) ein drittes Absorptionsband im Blaugrün auf. Das Blau, Violett und Ultraviolett geht nahezu ungeschwächt durch Kobaltglas und es ist namentlich die grosse Durchlässigkeit für Ultraviolett bemerkenswert, welche fast dasselbe Mass erreicht, wie für weisses Glas.

Borax, mit Kobaltoxyd geschmolzen, gibt bekanntlich ein schön blaues Kobalt-Boraxglas, welches sich bezüglich seines Absorptionsvermögens ganz ähnlich dem Kobalt-Silicatglas verhält. Es sind die drei analogen Maximas im Roth, Orange und Grün vorhanden, jedoch liegen sie etwas weniger weit gegen Roth (das heisst, die Maximas entsprechen absorbiertem Lichte von etwas kürzerer Wellenlänge, als dies bei Kobalt-Silicatglas der Fall ist).

8. Nickel-Bleiglas, s. Fig. 24, Nr. 10, ist braungelb und zeigt ein wenig charakteristisches Absorptionsband im Roth, ein zweites zwischen F und G, während die Absorption im Ultraviolett sich von der Fraunhofer'schen Linie M an geltend macht.

9. Mangangläser, s. Fig. 24, Nr. 11 und 12, zeigen die bekannte violette Färbung. Ein starkes Absorptionsband, welches sich von D bis G (Maximum zwischen E und F) erstreckt, sowie die grosse Durchlässigkeit für violettes und ultraviolettes Licht sind bemerkenswert.

Bleiarme Mangangläser zeigen das Maximum der Absorption etwas mehr gegen F, während bei sehr bleireichen Gläsern das Maximum etwas mehr gegen E liegt.

10. Urangläser, s. Fig. 25, Nr. 1 und 2, sind gelbgrün gefärbt und zwar zeigen reine Alkali-Silicatgläser oder solche mit kleinen Mengen Borsäurezusatz die bekannte Fluorescenz.

Bleihältige Urangläser sind dunkelgelb und zeigen keine Fluorescenz.

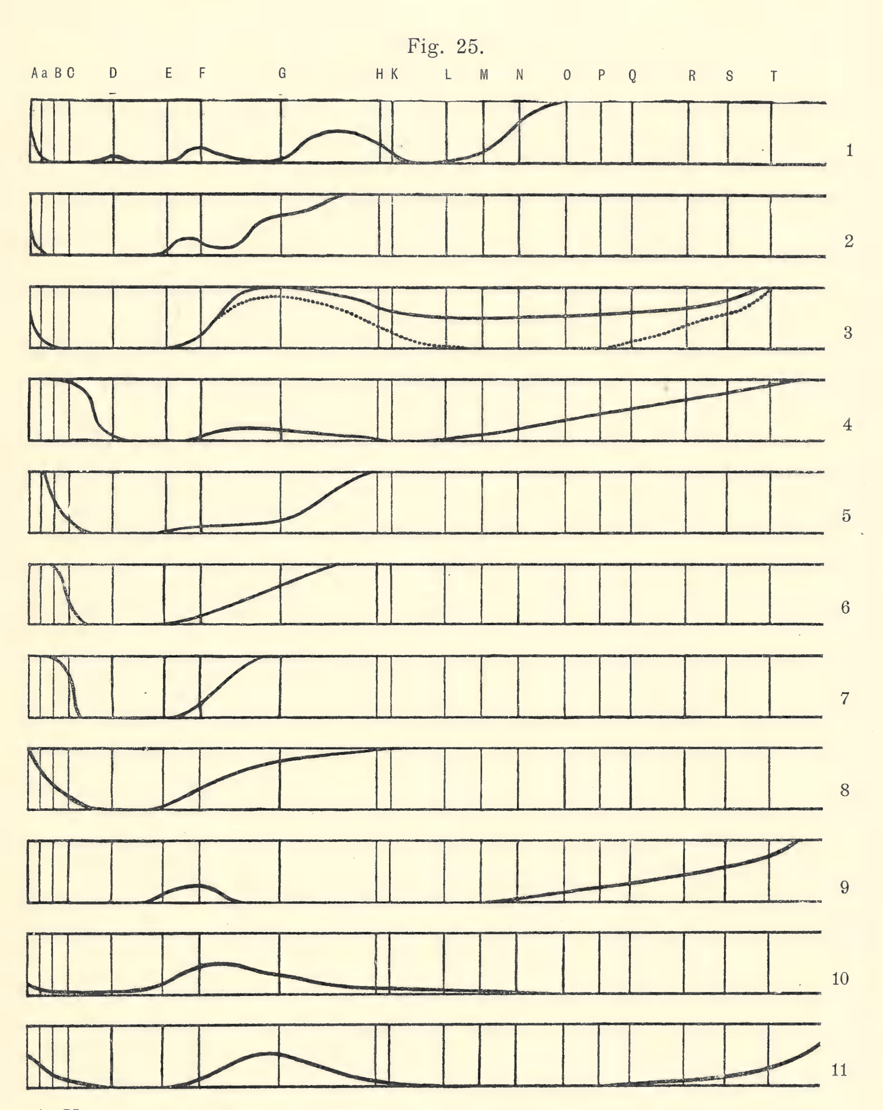
Uran-Alkalisilicatglas zeigt mehrere Absorptionsbande; ein schwaches bei D, ein stärkeres zwischen E und F und das stärkste bei $G\,^1/_2 H$. Zu Beginn des Ultraviolett sinkt die Absorption, das Glas lässt ziemlich viel Ultraviolett nächst der Fraunhofer'schen Linie L durch, dann stellt sich eine rasch zunehmende Absorption für das Ultraviolett ein (s. Curve).

Bleihältige Urangläser zeigen ein etwas abweichendes Verhalten. Das vorhin erwähnte schwache Absorptionsband bei D tritt zurück, bei $E\,^1/_2 F$ und $F\,^2/_3 G$ sind Absorptionsmaxima kenntlich, jedoch wird gegen das stärker brechbare Spectrumende das Licht viel stärker absorbiert, als dies bei den Alkali-Silicat-Urangläsern der Fall ist; die Absorptionsbanden rücken vom brechbareren gegen das weniger brechbare Ende vor.

11. Silber-Überfangglas, s. Fig. 25, Nr. 3, ist orangegelb. Es zeigt eine starke Absorption für Blaugrün und Blau; die Absorption steigert sich von E an rasch und erreicht vor G ein Maximum. Das Absorptionsband sinkt im Violett allmählich bis über H hinaus und es findet sich bei L ein

Minimum, welches bis gegen *O* reicht, wonach die Absorption wieder steigt. Stark gefärbte Silbergläser lassen dieses Minimum im Ultraviolett weniger deutlich erkennen, als schwach gefärbte Gläser. Es bieten somit die orangegelb gefärbten Silber-Überfanggläser bei ihrer Verwendung zu Dunkelkammerscheiben für photographische Zwecke weniger Schutz gegen Ultraviolett als das gewöhnliche gelbe «Holzglas» (s. später); dagegen absorbiert das Silberüberfangglas das Blaugrün und Blau relativ weitaus stärker als Letzteres. Wenn trotzdem das orangegelbe Silberglas in der photographischen Praxis sich häufig günstiger als das «Holzglas» erweist, so erklärt sich das aus dem Umstande, dass das Silberglas das Maximum der Absorption gerade für jenen Bezirk aufweist, für welchen die Bromsilbergelatine das Maximum der Empfindlichkeit besitzt. Da ferner diffuses Tageslicht und in noch höherem Grade Kerzenlicht relativ arm an ultravioletten Strahlen ist, kommt im erwähnten Falle die obige Eigenschaft des Silberüberfangglases nicht störend zur Geltung, wohl aber vermag vom directen Sonnenlichte eine merkliche Menge ultravioletter Strahlen durch Silberüberfangglas zu dringen[1]).

Fig. 25.



1. Uran, Glassatz *A*, gelb, fluorescierend. — 2. Uran, Glassatz *B*, dunkelgelb, nicht fluorescierend. — 3. Silber, orangegelb. — 4. Eisenoxydul, Glassatz *B*, flaschengrün. — 5. Eisenoxyd, Glassatz *B*. — 6. Eisenoxyd, Glassatz *C*. — 7. Eisenoxyd, Glassatz *D*. — 8. Holzglas, gelb. — 9. Selenglas. — 10. Silberspiegel auf Quarzplatten. — 11. Blattgold.

An Feuer der Farbe übertrifft das Silberglas alle anderen gelben Gläser.

12. Grünes Eisenoxydulglas, s. Fig. 25, Nr. 4, erhalten durch Eintragen von Eisenvitriol in Glasflüsse und reducierendes Schmelzen derselben, meist von trübem grünen Ansehen (das sogenannte Flaschengrün). Die Absorption des Lichtes ist bei diesen Gläsern nicht besonders charakteristisch; ein breites Band im Roth und Orange, dann ein schwaches

[1]) Es ist somit die Angabe Hunt's, dass «gelbe Silbergläser keine chemisch wirksamen Strahlen hindurchlassen», eine irrige. Wir erwähnen dies ausdrücklich, weil diese Angabe in neue ausführliche Lehrbücher der Chemie und Photographie übergegangen ist, so zum Beispiel in Graham-Otto's Lehrbuch der anorganischen Chemie, 5. Aufl., Bd. II, 4. Abth., 1. Hälfte, 1886, pag. 256; in diesem Werke findet sich die ganz unrichtige Angabe, dass beiläufig denselben Zweck (wie Silberglas) Glastafeln erfüllen, welche mit einer sauren Lösung von Chininsulfat und Gummi überdeckt sind. Diese Angabe ist deshalb unrichtig, weil Chininsulfat nur das Ultraviolett bis über die Fraunhofer'schen Linien *H* und *K* absorbiert und höchstens für Chlorsilberpapiere einen beiläufigen Schutz darbietet; denn diese haben das Maximum der Empfindlichkeit an der Grenze des Violett nächst *H* und *K*. Für Bromsilber, welches das Maximum der Empfindlichkeit im Hellblau besitzt, bieten Chininsulfatschichten nur einen sehr unvollkommenen Schutz und ist die Wirkung nicht im entferntesten mit jener von gelben Gläsern zu vergleichen.

breites Absorptionsband von $E\,^2/_3\,F$ bis gegen H. Von da an bis L vermindert sich die Absorption und steigt von L bis gegen T allmählich wieder an.

13. Charakteristisch sind gelbe Eisenoxydgläser, s. Fig. 25, Nr. 5, 6 und 7. Gewöhnliche Alkalikalkgläser werden durch Eintragen von Eisenoxyd in die Schmelze hellgelb. Solche Gläser zeigen einen Absorptionsstreifen von Roth bis über Orange; Gelb und Grün dringen fast ungeschwächt durch; die Absorption erstreckt sich schwach ansteigend von E bis gegen G und wird im Ultraviolett sehr stark. Mit steigendem Bleigehalt der Glasmasse werden unter sonst gleichen Umständen die Eisenoxydgläser dunkler gelb und der Absorptionsstreifen wird von Blau weiter gegen Grün verschoben, indem die Bleigläser eine stärkere Absorption für die brechbareren Strahlen aufweisen.

14. Gelbes «Holzglas» oder Kohleglas, s. Fig. 25, Nr. 8, durch Eintauchen von Holzstäben in bleifreie Glasflüsse erhalten, ist weniger feurig gelb als Silberglas, sondern zeigt stets einen bräunlichen Ton. Sie besitzen ein hohes Absorptionsvermögen für Ultraviolett und Violett und übertreffen in dieser Beziehung weit das Silberglas. Dagegen absorbiert «Holzglas» merklich weniger Blau und steht hierin hinter dem Silberglas zurück (vergl. die Absorptionscurven Fig. 25, Nr. 3 und 8). Die gebräuchlichsten Gelbscheiben für photographische Dunkelkammern sind derartige Holzgläser. Wir bemerken, dass Combinationen von je einer orangegelben Silberüberfangglasscheibe mit einer Holzglasscheibe bei photographischen Processen einen besseren Schutz gewähren, als gleichartige Doppelscheiben einer Glasart, denn Silber- und Holzglas ergänzen sich bezüglich der Absorption im Hellblau und Ultraviolett.

15. Röthliches Selenglas, s. Fig. 25, Nr. 9, zeigt eine schwach rosenrothe Färbung. Es wurde von Herrn Reich in seiner Glasfabrik durch Eintragen von elementarem Selen in bleifreie Glasflüsse hergestellt. Das Absorptionsspectrum kann nur in Schichten von 2 bis 8 *cm* beobachtet werden. Es zeigt ein schwaches Absorptionsband im Grün (E bis F) und ein schwaches Band im Ultraviolett.

Metallische Silberspiegel, s. Fig. 25, Nr. 10. Dass dünne Silberschichten auf Glas-, respective Bergkrystallplatten viel Ultraviolett durchlassen, ist eine bereits seit langer Zeit bekannte Thatsache. Der Verlauf der Absorptionscurven musste von uns jedoch erst neu sichergestellt werden, um einen Vergleich mit den vorhin beschriebenen Absorptionsspectren möglich zu machen. Wir versilberten deshalb Quarzplatten (senkrecht zur optischen Axe geschnitten und poliert) mit Hilfe der bekannten Glasversilberungsflüssigkeit aus Silbernitrat, Weinsäure, Invertzucker, Alkali und Wasser bestehend und photographierten das Absorptionsspectrum der so erzielten sehr dünnen Silberschicht. Es ergab sich die in Fig. 25, Nr. 10, dargestellte Absorption. Dieselbe ist schwach im Roth und Gelb und steigt über Grün zu einem mässigen Maximum im Hellblau an; dann sinkt die Absorption allmählich gegen Ultraviolett, in dem sich eine nur äusserst geringe Absorption geltend macht, so dass selbst scheinbar undurchsichtige Silberspiegel fast das ganze Ultraviolett durchsetzen. Es lässt sich eine gewisse Analogie des Absorptionsspectrums von orangegelbem Silberüberfangglas und dünnen metallischen Silberschichten nicht verkennen, indem beide ein breites Absorptionsband vom Blaugrün bis zum Anhange des Ultraviolett zeigen und ferner beiden eine grosse Durchlässigkeit gegen ultraviolettes Licht zukommt. Das orangegelbe Silberüberfangglas aber zeigt eine grosse Durchlässigkeit gegen Orange und Gelbgrün, sowie eine äusserst intensive Absorption gegen Blaugrün bis Blau, während bei dünnen metallischen Silberschichten die Absorption im sichtbaren Spectrum sich zu keinem hervorragenden Maximum erhebt.

Dünnes Blattgold, s. Fig. 25, Nr. 11, erscheint im durchfallenden Lichte bekanntlich grün gefärbt. Wir haben das Absorptionsspectrum desselben photographiert, indem wir es zwischen Bergkrystallplatten pressten und das Licht einer elektrischen Bogenlampe durchfallen liessen. Es zeigte sich eine Absorption im Roth und ein breites Absorptionsband im Blau, dessen Maximum bei G liegt. Gelbes, grünes, sowie blaugrünes Licht werden reichlich durchgelassen, ebenso Ultraviolett von K bis O, stärker brechbare Strahlen werden von Blattgold absorbiert, so dass Blattsilber auffallend durchlässiger hiefür als jenes ist.

Auch hier fällt eine gewisse Ähnlichkeit des Absorptionsspectrums mit jenem von Goldrubin (s. vorher) auf, welche noch grösser ist als beim Silber. Das Maximum der Absorption des Goldrubinglases (zwischen *D* und *E*) liegt jedoch weiter gegen das brechbare Ende, als jenes des metallischen Blattgoldes.

Überblickt man die beschriebenen Untersuchungsergebnisse bezüglich der Absorptionsspectren von farbigen Gläsern verschiedener Zusammensetzung, so fallen gewisse Unterschiede der mit Metalloxyden gefärbten bleifreien und der bleihältigen Gläser auf. Die Absorptionsspectren der letzteren sind bei den von uns untersuchten Gläsern weiter gegen das weniger brechbare Ende vorgerückt, als bei den analog mit Metallverbindungen gefärbten bleifreien Glasflüssen. Dies gilt für Kupferoxyd-, Chromoxyd-, Mangan- und Eisenoxydgläser und dementsprechend ändert sich die Farbennuance dieser Gläser mit steigendem Bleigehalte. Der Grund dieser Erscheinung dürfte in jenen Absorptionsphänomenen zu suchen sein, welche durch die Kundt'sche Regel[1]) ausgedrückt werden, nach der «die Absorptionsstreifen umso mehr nach Roth hin rücken, je stärker die brechende Kraft des Lösungsmittels ist».

Wenn auch die Regel bei weitem keine allgemeine Giltigkeit hat und sehr viele Körper von ihr abweichend sich verhalten, so trifft sie doch bei den wichtigsten farbigen Glasmassen zu, indem die bleihältigen Gläser durchschnittlich ein stärkeres Brechungsvermögen aufweisen, als die bleifreien Gläser und in der That bei ersteren die Absorptionsstreifen gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums (das ist gegen Roth) gerückt werden.

Die Regel scheint auch für viele gefärbte und durchsichtige Mineralien zu gelten.

Auch die Absorptionsspectren der Kobaltgläser und Boraxkobaltschmelzen folgen ihr. Das Boraxglas besitzt einen kleineren Brechungsindex als gewöhnliches Crownglas[2]) und bei letzterem tritt die Verschiebung der Absorptionsstreifen im Sinne der genannten Regel ein. Die Absorptionsspectren von metallischem Silber und Silberüberfangglas zeigen, wie erwähnt, eine unverkennbare Analogie, wenn auch in diesem Falle die Kundt'sche Regel nicht zuzutreffen scheint. Dagegen fügt sich merkwürdigerweise das Blattgold, respective dessen Absorptionsspectrum im Vergleiche mit dem in Glasflüssen gelösten Gold (Goldrubin) der Kundt'schen Regel, indem das in einer Substanz von hohem Brechungsindex (in Glas gelöste) Gold die Absorptionsbanden weiter gegen das rothe Ende des Spectrums verschoben zeigt, als dies beim Blattgold für sich allein der Fall ist.

Die Analogie der Absorptionsspectren von Gold- und Silbergläsern mit den Absorptionsspectren dünner Schichten dieser Metalle selbst ist vielleicht kein Zufall, sondern kann als eine Auflösung der fein vertheilten Metalle in Glasflüssen gedeutet werden.

---

[1]) H. W. Vogel: «Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe», I. Th., Berlin 1889, pag. 124.

[2]) Gewöhnliches Crownglas hat durchschnittlich einen Brechungsexponenten von 1·52 bis 1·53 für *D*, während Borax einem solchen von 1·51 entspricht; s. Landolt und Börnstein: «Physikalisch-chemische Tabellen», 2. Aufl., 1894, pag. 385.

Über das Spectrum des Kaliums, Natriums und Cadmiums bei verschiedenen Temperaturen.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 7. Juni 1894.)

Von den Spectren der Alkalimetalle können die Bogenspectren als völlig sichergestellt gelten, was wir den umfassenden sorgfältigen Untersuchungen von Kayser und Runge[1]) zu danken haben; die Flammenspectren haben wir selbst bezüglich ihres ganzen Verlaufes im Ultraviolett eingehend studiert[2]) und gezeigt, dass einige ultraviolette Hauptlinien hiebei auftreten, welche für diese Spectren der Alkalimetalle charakteristisch sind, so zwar, dass diese in der That einen weniger einfachen Bau zeigen, als man früher annahm.

Bezüglich der Funkenspectren der Alkalimetalle lagen aber bisher keine vollständigen Angaben vor, weil Huggins, Thalén, sowie Lecocq de Boisbaudran blos im sichtbaren Theile dieser Spectren Messungen anstellten, wogegen das violette Spectrum theilweise, das ultraviolette gänzlich unbekannt blieb. Die Unsicherheit, welche bezüglich des Funkenspectrums der Alkalimetalle, speciell des Kaliums herrscht, erwähnten bereits Kayser und Runge («Über die Spectren und Elemente», III. Berliner Akademie der Wissenschaften); daselbst heisst es: «Von Lecocq[3]), Huggins[4]) und Thalén sind im Funkenspectrum noch einige Linien beobachtet worden, welche weder Liveing und Dewar noch wir jemals im Bogenlichte gesehen haben. Wir mussten es dahingestellt sein lassen, ob dies wirklich zu Kalium gehörige Linien sind, die höheren Temperaturen entsprechen, oder ob sie, was wahrscheinlicher ist, von Verunreinigungen herrühren; einzelne scheinen zu Strontium zu gehören».

Lecocq's Methode eignet sich nicht gut für die Untersuchung des ultravioletten Theiles des Spectrums der Alkalimetalle, wenn Salzperlen verwendet werden, wegen des häufigen Auftretens der photographisch sehr wirksamen ultravioletten Linien des Platins. Huggins[5]) erkannte die störende Wirkung der Ver-

---

[1]) «Über die Spectren der Elemente», Berlin, III. Abschn., 1890 (Anhang zu den Abhandl. d. kgl. preuss. Akad. d. Wiss.).

[2]) Vergl. pag. 87 dieser Abhandlungen.

[3]) Lecocq de Boisbaudran («Spectres lumineux», Paris 1881, mit Tafeln) erhielt das Funkenspectrum von Kalium und Natrium durch Überschlagenlassen des Inductionsfunkens zwischen Platinelektroden, an deren Enden sich schmelzende Salzperlen befanden (E. u. V.).

[4]) W. Huggin's untersuchte die Spectren von Kalium, Natrium und Lithium mittelst eines Spectroskopes von 6 Prismen und benützte den Funken eines Inductoriums von ungefähr 15 englischen Meilen secundäre Spulenwickelung und eine Grove-Batterie von 2 bis 4 Elementen, sowie Leydenerflaschen (E. u. V.).

[5]) Philos. Transact. of the Royal Soc., London 1865, Bd. CLIV, pag. 139.

unreinigungen des käuflichen Natriums und trachtete diese zu eliminieren, indem er sich aus reinem Chlornatrium und Quecksilber ein Natriumamalgam herstellte und den Funken zwischen diesem Amalgame und einem Platindraht überschlagen liess; auch verwendete er Wolle mit Lösungen von $NaCl$ und $NaNO_3$ befeuchtet einerseits und Platin andererseits als Elektroden, wobei einige Hauptlinien des Natriumspectrums erhalten wurden. Kaliummetall als Elektroden verwendet, ergab Huggins gute Resultate, weniger brauchbar erwies sich in diesem Falle Kaliumamalgam, da hiebei die Kaliumlinien stark zurücktraten.

Kaliumsalze in wässeriger Lösung gaben viel schlechtere Resultate als Metall, weil das Vorhandensein der grossen Menge Wasserdampf die Temperatur des Funkens ungünstig beeinflusst.

In Erkenntnis der Thatsache, dass die im käuflichen Kaliummetall häufig vorhandenen Verunreinigungen sehr störend wirken können, haben wir besondere Vorsicht auf die Reinigung des Metalles verwendet und namentlich durch wiederholte sorgsam durchgeführte Destillation im Vacuum des als «chemisch rein» von Dr. Th. Schuchardt in Görlitz bezogenen Metalles, dasselbe von allen schwer flüchtigen Stoffen befreit, so dass Strontium oder ein anderes Erdalkalimetall in den von uns zur Untersuchung verwendeten Metallen gewiss nicht vorhanden war.

Wir stellten mit dem von uns gereinigten Kalium- und Natriummetall sowohl Bogen- als Funkenspectren her; die ersteren sollten nur zum Vergleiche mit den Kayser und Runge'schen Spectren dienen, deren Wellenlängen für die Kalium- und Natriumlinien wir unmittelbar für unsere weiteren Untersuchungen übernahmen.

A. Bogenspectrum des Kaliums und Natriums.

Ein lichtstarkes Bogenspectrum der Alkalimetalle ist sehr leicht herzustellen, indem man in die ausgehöhlten Kohlen einer Bogenlampe (wir benützten eine Siemens'sche Gleichstromlampe von 2 bis 4000 Kerzen Helligkeit) Metallstücke bringt. Die Belichtungszeit ist in diesem Falle bei eng gestelltem Spalte nur wenige Secunden.

Auch die Salze der Alkalien geben auf diese Art im Flammenbogen die entsprechenden Spectren mit voller Klarheit, ohne dass irgend welche Linien, die bei Verwendung der metallischen Elemente direct auftreten, ausbleiben würden (im Gegensatze zum Funkenspectrum).

Die ultravioletten Linien im Bogenspectrum des Kaliums sind sehr lichtschwach und erscheinen nur bei Gegenwart von sehr viel Kalisalzen als umgekehrte Linien. Namentlich von der Kaliumlinie $\lambda = 4870$ angefangen erscheinen die brechbaren Linien hiebei so schwach, dass sich dieselben fast der Beobachtung entziehen, wie Kayser und Runge angeben. Ferner macht sich die gleichfalls von Kayser und Runge zuerst beobachtete Erscheinung der Umkehrung der ultravioletten Kaliumlinien im Bogenspectrum geltend, wobei sich diese Linien nicht verbreitern; es mangelt deshalb der dunkle Rand seitwärts der umgekehrten Linien und sie heben sich kaum merklich vom schwachen continuierlichen Hintergrunde ab. Wir konnten die von Kayser und Runge angegebenen Kaliumlinien $\lambda = 3034 \cdot 9$, $2992 \cdot 3$, $2963 \cdot 4$, $2942 \cdot 8$ niemals beobachten, führen dieselben jedoch in unseren Tabellen über das Kaliumbogenspectrum an, da wir an der Richtigkeit der Beobachtungen Kayser und Runge's keineswegs zweifeln. Dagegen haben wir diese Linien in unserer Tabelle über das Funkenspectrum des Kaliums nicht aufgenommen, weil wir dieselben nicht wahrnehmen konnten, obschon in diesen Bezirken andere schwache Kaliumlinien ganz deutlich constatiert und gemessen werden konnten.

Das Bogenspectrum des Natriums enthält zahlreiche Linienpaare, deren Verhalten von Kayser und Runge eingehend studiert wurde. Die *D*-Linien und die ersten ultravioletten Natriumlinien erscheinen sehr leicht und sind auch leicht umkehrbar. Die genannten Forscher beobachteten einen regelmässigen Wechsel von schärferen und minder schärferen Paaren.

B. Das Funkenspectrum des Kaliums und Natriums.

Das Funkenspectrum von Kalium und Natrium lässt sich durch Überschlagen des elektrischen Funkens eines kräftigen Inductoriums (unter Einschaltung einiger Leydenerflaschen) zwischen Elektroden, welche aus den genannten Metallen bestehen, leicht herstellen, wenn die Gegenwart von Sauerstoff ausgeschlossen wird; ebenso kann es erhalten werden, wenn man Elektroden aus Kohle verwendet, welche mit Lösungen der Salze oder mit geschmolzenen Alkalisalzen imprägniert sind. Die Funkenspectren sind jedoch nicht immer gleich vollkommen ausgebildet, sondern es hängt dies von der Versuchsanordnung ab.

Unter allen Umständen ist aber das Funkenspectrum der Alkalimetalle stets viel linienreicher als dies beim Bogenspectrum der Fall ist, indem zahlreiche neue, namentlich ultraviolette Linien auftreten; auch scheint der Linienbau nicht mehr so einfach zu sein, was besonders beim Funkenspectrum des Natriums auffällt. Bei diesem Spectrum beherrschen nicht mehr die regelmässigen Doppellinien (namentlich im stärker brechbaren Theile) das Feld, wie dies beim Bogenspectrum in so auffälliger Weise der Fall ist. Das Funkenspectrum der Alkalimetalle ist viel schwieriger von genügender Helligkeit und andauernder Gleichmässigkeit zu erhalten, als das Bogenspectrum. Der Funke zwischen den Alkalimetallelektroden muss in einer trockenen Wasserstoffatmosphäre erzeugt werden, da die geringsten Spuren von Feuchtigkeit im Wasserstoff bei den langen erforderlichen Belichtungszeiten eine merkliche Oxydation des Metalles herbeiführen und so die Helligkeit des Funkens beeinträchtigen würden; deshalb ist es nöthig, das zur Verwendung kommende Wasserstoffgas vorerst mittelst Schwefelsäure und Phosphorpentoxyd sorgfältig von Spuren der Feuchtigkeit zu befreien. Versucht man es, das Linienspectrum der Alkalimetalle mittelst eines kräftigen Flaschenfunkens zu erzeugen, so gelingt dies bei Verwendung der Metalle stets nur schwierig, weil die Elektroden abschmelzen [1]). Deshalb gelang uns die Herstellung eines für die Spectrumphotographie genügend andauernden Funkens nur mit Hilfe eines schwächeren Inductoriums (2 bis 5 *cm* Schlagweite des Funkens), welches mit einer einzigen Flasche verstärkt wurde. Auf diese Weise erhält man einen gleichmässig hellen Funken, welcher sich spectroskopisch gut untersuchen lässt, aber auf photographische Platten sehr schwach einwirkt, so dass die Expositionsdauer auf 6 bis 10 Stunden verlängert werden muss. Dabei erhielten wir, wenn die Centrierung nach dem mehrmals vorgenommenen Reinigen der Elektroden präcise geschah und die Temperatur eine annähernd constante blieb, Spectrumphotographien von grosser Schärfe mittelst des Quarzspectrographen. Geschmolzene Alkalimetalle lassen sich in der von Lecocq angegebenen Weise (s. auch Vogel [2]) jedoch nur unter Verwendung von Kohlenspitzen zu Funkenspectren brauchen und haben wir die Angabe Lecocq's, wonach die besten Resultate mit teigartig erweichten (statt völlig geschmolzenen) Salzen erzielt werden, bei unseren Versuchen bestätigt gefunden. Bemerkenswert ist der Umstand, dass Kalium- und Natriumsalze sich nicht gleich in dieser Beziehung verhalten. Bei Natriumsalzen erhält man gute Spectren, selbst wenn die Bunsenflamme, welche zum Erwärmen der Salze auf den Elektroden dient, zwischen diesen letzteren hindurchstreicht. Bei Kaliumsalzen dagegen ist eine etwas niedrigere Temperatur besser; wenn die Flamme plötzlich abgedreht oder ein Luftzug erzeugt wird, durch den Abkühlung erfolgt, tritt ein stärkeres Leuchten des Funkens und ein Hervortreten der Linien auf.

Bei Verwendung von wässerigen Lösungen der Alkalisalze werden stets nur unvollkommene Spectren erzielt, welche sich auf die Hauptlinien beschränken.

---

[1]) Natriumzinkelektroden, welche wir in der Weise herstellten, dass wir metallisches Zink und Natrium im Vacuum zusammenschmolzen und daraus Stäbchen schnitten, vertragen stärkere Funken an der Luft (kräftiges Inductorium mit drei Flaschen), wobei in zehn Minuten starke Natriumlinien erhalten werden, wobei selbstverständlich das Zink im Spectrum eliminiert werden muss.

[2]) «Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe», Berlin 1889, I, pag. 183.

Beim Natriumspectrum, wenn dasselbe im Funken mit Kohlenelektroden, gleichgiltig, ob unter Verwendung von Soda- oder Chlornatriumlösung oder mittelst der geschmolzenen Salze, hergestellt wurde, erscheint stets dominierend im sichtbaren Theile die Natriumlinie $D\left(<\begin{matrix}5896\\5890\end{matrix}\right)$, dann fast ebenso stark (wenn auch nicht ganz so intensiv) die Natriumlinie $<\begin{matrix}5688\\5682\end{matrix}\Big\}$, welche Linien auch bei Benützung von Metallelektroden dominieren. Dagegen sind die anderen von Lecocq und Anderen beobachteten Linien des Natriumfunkenspectrums sehr schwach und fehlen beispielsweise in der Spectrumphotographie des Flaschenfunkens, welcher zwischen den mit Natriumsalzen imprägnierten Kohlen überschlägt, bei einstündiger Belichtung. Das vollständige Funkenspectrum des Natriums erhält man stets nur zwischen Metallelektroden.

Was die zu unseren Versuchen angewendeten Apparate anbelangt, so benützten wir zu den Aufnahmen des ultravioletten Theiles den in früheren Abhandlungen beschriebenen Quarzspectrographen mit einem Cornu'schen Prisma und Linsen von 75 *cm* Brennweite; für den sichtbaren Theil dagegen wurde ein neuer Apparat (Glasspectrograph [1]) mit einem Steinheil'schen Compoundprisma grösster Dispersion und Linsen von 1 *m* Focus verwendet, der für unsere Zwecke von Herrn Eugen von Gothard in ausgezeichneter Weise construiert wurde und gewissermassen eine Ergänzung der Resultate gibt, welche der Quarzspectrograph liefert.

Spectrum des Natriums (bezogen auf Rowland's Normalspectrum).

	Flammenspectrum Eder und Valenta			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
	—	—		6161·2	8	unscharf nach Roth	6161·2	8	deutlich, scharf
	—	—		6154·6	8		6154·6	8	
D = Linie	5896·2	10	scharf	5896·2	10	umgekehrt	5896·2	10	
	5890·2	10		5890·2	10		5890·2	10	
	—	—		5688·3	8	unscharf nach Roth	5688·3	6	etwas unscharf nach Roth
	—	—		5682·9	6		5682·9	6	ziemlich scharf
	—	—		5675·9	2	unscharf nach Violett	5675·9	1	undeutlich
	—	—		5670·4	2		5670·4	1	
Grün	—	—		5153·7	6	etwas unscharf nach beiden Seiten	5153·7	5	scharf
	—	—		5149·2	6		5149·2	5	
	—	—		4983·5	6	unscharf nach Roth	4983·5	6	
	—	—		4979·3	6		4979·3	6	
Blau	—	—		4752·2	4	etwas unscharf nach beiden Seiten	4752·2	2	
	—	—		4748·4	4		4748·4	2	
	—	—		4669·4	4	unscharf nach Roth	4669·4	3	etwas unscharf nach Roth
	—	—		4665·2	4		4665·2	3	ziemlich scharf
Indigo	—	—		—	—		4581·7	1	sehr schwach
	—	—		—	—		4573·6	1	
	—	—		—	—		4570·4	1	
	—	—		—	—		4565·2	1	
	—	—		—	—		4555·7	1	
	—	—		4546·0	2	etwas unscharf nach beiden Seiten	4546·0	2	ziemlich scharf
	—	—		4542·8	2		4542·8	2	
	—	—		—	—		4539·0	1	schwach
	—	—		4500·0	2	sehr unscharf	4500·0	3	etwas unscharf
	—	—		4494·3	2		4494·3	3	
	—	—		4423·7	1	von K. u. R. nicht gemessen, blos von Liveing und Dewar übernommen	—	—	
	—	—		4420·2	1		—	—	

[1] Die nähere Beschreibung dieses Apparates werden wir in einer späteren Abhandlung geben.

	Flammenspectrum Eder und Valenta			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Indigo	—	—		4393·7	1	von K. u. R. nicht gemessen, blos von Liveing und Dewar übernommen	4393·7	1	sehr undeutlich
	—	—		4390·7	1		4390·7	1	
Ultraviolett	—	—		—	—		3533·8	2	scharf
	—	—		3303·1	8	umgekehrt	3303·1	10	
	3302·5	8		3302·5	8		3302·5	10	
	—	—		—	—		3284·9	2	ziemlich scharf
	—	—		—	—		3280·8	2	
	—	—		—	—		3212·1	2	
	—	—		—	—		3093·1	6	scharf
	—	—		—	—		3078·5	3	
	—	—		—	—		3075·9	1	undeutlich
	—	—		—	—		3069·5	1	
	—	—		—	—		3056·4	3	scharf
	—	—		—	—		3054·2	2	
	—	—		—	—		3037·2	1	undeutlich
	—	—		—	—		2984·3	2	scharf
	—	—		—	—		2980·4	2	
	—	—		—	—		2975·5	2	
	—	—		—	—		2951·4	2	scharf
	—	—		—	—		2921·4	1	undeutlich
	—	—		—	—		2919·0	1	
	—	—		—	—		2906·0	3	scharf
	—	—		—	—		2903·0	1	undeutlich
	2852·9	2		2852·9	2	umgekehrt	2852·9	10	scharf
	—	—		—	—		2841·8	2	
	—	—		—	—		2809·0	3	
	—	—		2680·5	4	umgekehrt	2680·5	8	
	—	—		—	—		2672·2	1	undeutlich
	—	—		—	—		2661·9	1	
	—	—		—	—		2612·5	2	scharf
	—	—		2594·0	2	umgekehrt	2594·0	3	
	—	—		2543·9	1		2543·9	1	
	—	—		2512·2	1		2512·2	1	
	—	—		—	—		2502·1	1	
	—	—		—	—		2493·4	4	
	—	—		—	—		2138·4	1	kehrt sich leicht um

Die Intensität *i* der schwächsten Linie wurde = 1, jene der stärksten = 10 gesetzt.

Spectrum des Kaliums (bezogen auf Rowland's Normalspectrum).

	Flammenspectrum Eder und Valenta			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Roth	7699	10	nicht scharf	7699·3	10	umgekehrt	7699·3	8	ziemlich scharf
	7666	10		7665·6	10		7665·6	8	
	7040	1	undeutlich	—	—		—	—	
	—	—		6938·8	8		6938·8	8	scharf
	—	—		6911·2	8		6911·2	7	
Gelb	5832	5		5832·2	4	verbreitert nach Roth	5832·2	3	ziemlich scharf
	—	—		5812·5	2		5812·5	3	
	5802	8		5802·0	6		5802·0	4	
	5783	5		5782·7	6		5782·7	3	
	—	—		5359·9	4	verbreitert nach Roth	5359·9	8	
	5344	4		5343·4	2		5343·4	1	undeutlich
Grün	—	—		5340·1	4		5340·1	8	ziemlich scharf
	—	—		5323·6	4		5323·6	2	
	—	—		5112·7	2		5112·7	2	

	Flammenspectrum Eder und Valenta			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerknng
	5100	3		5099·6	2		5099·3	2	
	—	—		5097·8	1	verbreitert nach Roth	—	—	
	—	—		5084·5	2		5084·5	1	sehr undeutlich
	—	—		—	—		5057·4	1	
Grün	—	—		—	—		5006·8	2	ziemlich deutlich
	—	—		4965·5	1		4965·5	1	undeutlich
	—	—		4956·8	1	verbreitert nach Roth	—	—	
	4950	3		4952·1	1		—	—	
	—	—		4943·1	1		4943·8	1	schwach
	—	—		4870·8	1	unscharf, von Kayser und Runge nicht gemessen; blos von Liveing und Dewar übernommen	—	—	
	—	—		4863·8	1		—	—	nicht gesehen
	—	—		4856·8	1		—	—	
	—	—		4850·8	1		—	—	
	—	—		—	—		4832·3	3	scharf
	—	—		4808·8	1		—	—	
	—	—		4803·8	1	unscharf, von Kayser und Runge nicht gemessen; blos von Leveing und Dewar übernommen	—	—	nicht gesehen
Blau	—	—		4796·8	1		—	—	
	—	—		4788·8	1		—	—	
	—	—		—	—		4660·7	3	
	—	—		—	—		4650·7	2	
	—	—		—	—		4609·5	6	scharf
	—	—		—	—		4506·1	5	
	—	—		—	—		4467·5	5	
	—	—		—	—		4457·2	1	undeutlich
	—	—		—	—		4424·3	1	
Indigo	—	—		—	—		4388·2	3	scharf
	—	—		—	—		4309·3	1	ziemlich scharf
	—	—		—	—		4305·1	2	
	—	—		—	—		4263·2	6	
	—	—		—	—		4225·7	6	scharf
	—	—		—	—		4223·1	6	
	—	—		—	—		4210·3	1	schwach
	—	—		—	—		4186·3	8	sehr deutlich
	—	—		—	—		4149·1	6	
	—	—		—	—		4134·7	6	scharf
	—	—		—	—		4115·1	4	
	—	—		4047·4	8		4047·4	10	
	4045·8	10	verbreiterte Linie			umgekehrt			scharfe Doppellinie
Violett	—	—		4044·3	8		4044·3	10	
	—	—		—	—		4040·2	1	schwach
	—	—		—	—		4026·0	1	
	—	—		—	—		4018·8	1	sehr undeutlich
	—	—		—	—		4012·3	2	
	—	—		—	—		4001·2	6	scharf
	—	—		—	—		3995·0	1	ziemlich scharf
	—	—		—	—		3972·6	3	
	—	—		—	—		3966·7	4	
	—	—		—	—		3955·3	4	scharf
	—	—		—	—		3943·3	2	
	—	—		—	—		3934·7	1	
	—	—		—	—		3927·0	1	ziemlich scharf
	—	—		—	—		3923·8	1	
	—	—		—	—		3898·1	8	
Ultraviolett	—	—		—	—		3884·2	1	
	—	—		—	—		3879·2	1	scharf
	—	—		—	—		3874·1	2	
	—	—		—	—		3862·3	1	
	—	—		—	—		3818·5	1	verbreitert
	—	—		—	—		3800·8	1	ziemlich scharf

	Flammenspectrum Eder und Valenta			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
	—	—		—	—		3783·2	3	
	—	—		—	—		3767·1	1	
	—	—		—	—		3757·4	1	ziemlich scharf
	—	—		—	—		3749·1	1	
	—	—		—	—		3744·5	1	
	—	—		—	—		3739·2	1	
	—	—		—	—		3727·5	1	sehr undeutlich
	—	—		—	—		3716·9	1	
	—	—		—	—		3713·2	1	
	—	—		—	—		3682·3	4	scharf
	—	—		—	—		3670·2	1	undeutlich
	—	—		—	—		3618·4	3	
	—	—		—	—		3610·4	2	scharf
	—	—		—	—		3531·2	2	
	—	—		—	—		3481·5	1	undeutlich
	—	—		—	—		3476·7	1	
	3447·2	4	stark verbreiterte Linie	3447·5	6	umgekehrt	3447·0	10	wahrscheinlich eine Doppellinie, jedoch nicht deutlich aufgelöst
				3446·5	8				
	—	—		—	—		3440·5	6	scharf
	—	—		—	—		3433·8	1	
	—	—		—	—		3421·5	1	ziemlich scharf
	—	—		—	—		3403·8	2	
	—	—		—	—		3385·4	6	scharf
	—	—		—	—		3381·4	6	
	—	—		—	—		3373·0	1	schwach
	—	—		—	—		3362·8	1	
	—	—		—	—		3345·5	8	
	—	—		—	—		3326·4	1	
Ultraviolett	—	—		—	—		3322·0	1	
	—	—		—	—		3312·3	3	scharf
	—	—		—	—		3290·8	3	
	—	—		—	—		3224·7	1	
	—	—		—	—		3220·9	2	
	—	—		3217·8	4	umgekehrt	3217·5	2	wahrscheinlich doppelt
	3217·5	1	verschwommene Linie	3217·3	6				
	—	—		—	—		3209·0	1	ziemlich scharf
	—	—		—	—		3202·1	1	
	—	—		—	—		3190·2	2	verschwommen
	—	—		—	—		3169·2	1	ziemlich scharf
	—	—		—	—		3157·5	1	
	—	—		—	—		3143·7	3	scharf
	—	—		—	—		3129·3	4	
	—	—		—	—		3104·5	5	verbreitert
	—	—		3102·4	2	umgekehrt	3102·3	1	sehr schwach
	—	—		3102·2	4				
	—	—		—	—		3074·6	1	undeutlich
	—	—		—	—		3067·3	1	
	—	—		—	—		3062·4	6	scharf
	—	—		—	—		3056·1	1	undeutlich
	—	—		—	—		3051·5	1	
	—	—		3034·9	4	umgekehrt	—	—	
	—	—		—	—		3030·0	1	undeutlich
	—	—		—	—		3023·0	1	
	—	—		2992·3	2	umgekehrt	2992·3	4	scharf
	—	—		—	—		2986·0	1	undeutlich
	—	—		2963·4	1	umgekehrt	—	—	
	—	—		—	—		2938·7	1	undeutlich
	—	—		2942·8	1	umgekehrt	—	—	

	Flammenspectrum Eder und Valenta			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
Ultraviolett	—	—		—	—		2853·5	1	undeutlich
	—	—		—	—		2833·0	2	verbreitert
	—	—		—	—		2819·0	1	sehr schwach
	—	—		—	—		2780·5	1	
	—	—		—	—		2736·2	1	undeutlich
	—	—		—	—		2690·4	1	
	—	—		—	—		2662·5	1	schwach
	—	—		—	—		2635·3	1	
	—	—		—	—		2614·0	1	
	—	—		—	—		2549·4	2	ziemlich scharf
	—	—		—	—		2440·9	1	schwach
	—	—		—	—		2379·5	1	
	—	—		—	—		2358·9	1	undeutlich
	—	—		—	—		2350·4	1	
	—	—		—	—		2344·7	1	
	—	—		—	—		2341·7	1	
	—	—		—	—		2274·4	1	
	—	—		—	—		2268·1	1	
	—	—		—	—		2261·8	1	sehr schwach
	—	—		—	—		2258·3	1	
	—	—		—	—		2254·9	1	
	—	—		—	—		2248·4	1	
	—	—		—	—		2243·5	1	
	—	—		—	—		2203·9	1	

Bevor wir näher auf die Tabellen eingehen, muss erwähnt werden, dass wir einige Linien gemeinschaftlich im Funkenspectrum des Kaliums und Natriums fanden; diese Linien gehören zum Theile, wie es sich herausstellte, dem Linienspectrum des Kohlenstoffes an und dürften wohl von Spuren von Petroleumäther herrühren, welchen wir zur Entfernung des Steinöles von den Metallstücken, die wir zur Herstellung der Elektroden verwendeten, benützten. Dieselben haften dem Kalium und Natrium sehr zähe an und werden durch den Flaschenfunken in der Wasserstoffatmosphäre zerlegt, wobei sie das Linienspectrum des Kohlenstoffes geben, das sich in den Hauptlinien $\lambda = 2508$, 2479, 2276 etc. deutlich erkennen lässt. Ausserdem tritt das Linienspectrum des Wasserstoffes, dessen Hauptlinien stark verbreitert sind[1], auf und es treten überdies noch andere dem Kalium und Natrium gemeinsame Linien hervor, deren Provenienz wir derzeit nicht genau feststellen konnten. In dem Funkenspectrum der Alkalimetalle (in einer Atmosphäre von getrocknetem reinen Wasserstoff) finden sich nämlich mit annähernd gleicher Intensität ziemlich deutliche Linien, deren Wellenlängen $\lambda = 3190$, 3149, 3143, 3135, 3129, 3074, 2918 sind[2]), deren durchschnittliche Intensität allerdings kaum mehr als 1 bis 2 beträgt. Vielleicht sind dies Linien, welche in irgend einer Weise auf Kohlenstoff oder Kohlenwasserstoff zurückzuführen sind oder dieselben gehören einem anderen Elemente an, worüber wohl noch im weiteren Verlaufe unter Heranziehung anderer Elemente in unsere Versuchsreihe Aufschluss zu erwarten ist. Als unbekannte helle umgekehrte scharfe Linie trat bei unseren Kalium- und Natriumspectren eine Linie von der Wellenlänge $\lambda = 2536{\cdot}5$ auf. Wir konnten uns anfänglich die Provenienz dieser stets auftretenden Linie, welche sich von dem schwach continuierlichen Spectrum, das stets den Alkalimetallspectren zu Grunde liegt, sehr deutlich abhebt und umgekehrt ist, nicht erklären, bis eine andere Versuchsreihe über Quecksilberspectren uns die Gewissheit gab, dass die fragliche Linie eine Quecksilberlinie (ultraviolette Hauptlinie des Queck-

[1]) Vergl. pag. 58 und 75 dieser Abhandlungen.

[2]) Ibid,

silbers) sei, welche, selbst wenn nur ganz minimale Spuren von Quecksilber vorhanden sind, hervortritt. Unser Kalium- und Natriummetall wurde aber durch Destillation im Vacuum (mittelst der Quecksilberpumpe) gereinigt, wobei trotz der langen Glasröhren, welche Pumpe und Destillationsgefäss verbanden, doch Spuren von Quecksilberdampf zu den Metallen gelangt sein dürften. Diese umgekehrte Quecksilberlinie tritt übrigens sogar dann auf, wenn im Arbeitsraume viel Quecksilber zufällig verschüttet wurde, so dass Spuren von Quecksilberdämpfen in die Umgebung des Funkens gelangen und bei der lange andauernden Belichtung Veranlassung zur Bildung der genannten Quecksilberlinie im Spectrum des Kaliums und Natriums geben.

Wenden wir unsere Aufmerksamkeit zunächst dem durch uns genauer bekannt gemachten Funkenspectrum von Kalium und Natrium zu, so ergibt sich, dass wir, trotzdem wir alle fixen Verunreinigungen aus den von uns zu den Versuchen benützten Metallen ausgeschieden hatten, dennoch im sichtbaren Theile alle von Thalén im Funkenspectrum beobachteten Linien wiederfanden; wir sind daher überzeugt, dass dieser Spectroskopiker wahre Kaliumlinien beobachtet hat und dass diese Linien somit nicht einer Verunreinigung durch Strontium, wie Kayser und Runge vermuthet haben, zuzuschreiben sind.

Huggins führt allerdings einige Linien als Kaliumlinien an, welche wir als fremde Linien bezeichnen mussten und dieselben deshalb aus dem Verzeichnisse der dem Kaliumfunkenspectrum angehörigen Linien gestrichen haben; es sind dies die Linien $\lambda = 6305$, 6246 und 6516. Von Lecoq's Linien haben wir blos $\lambda = 5638$, 5050 und 5025 nicht anfgefunden, während wir alle anderen von ihm angeführten Kaliumlinien wiederfanden.

Auffallend ist, dass sowohl beim Funken- als auch beim Bogenspectrum des Kaliums, Natriums und Lithiums das continuierliche Spectrum (Blau, Violett und beim Beginne des Ultraviolett) bei Kalium stets am stärksten hervortritt, dann folgt Natrium, endlich Lithium. Der analoge Fall tritt bei unseren Photogrammen der Bunsen-Flammenreaction ein. Das Spectrum des Kaliums und Natriums ist somit nach unseren Beobachtungen, je nach der bei den Versuchen herrschenden Temperatur (Flamme, Bogenlicht, Funken) und vielleicht auch beeinflusst von der elektrischen Erregungsform nicht nur im sichtbaren Theile, wie bereits Lecoq[1]) und Andere gezeigt haben, sondern noch mehr im ultravioletten Theile ein variables.

Bei den von uns eingehaltenen Versuchsbedingungen herrschten Temperaturen von 1000 bis 100000° C., wenn wir nach E. Wiedemann[2]) Folgendes annehmen:

1. Im Flammenspectrum der Bunsen'schen Leuchtgasflamme dürfte die Temperatur 1000° betragen, dieselbe richtet sich nach den verschiedenen Stellen.
2. Knallgas, circa 2000° C.
3. Elektrisches Bogenlicht, heissester Theil der positiven Kohle 3500° C.
4. Temperatur des Flaschenfunkens circa 100000° C.
5. Geisslerrohr — bei weiten Röhren und schwacher Entladung ist die Temperatur nicht viel höher, als jene zu Beginn des Versuches. In engen Röhren kann sie leicht auf 100000° C. steigen, auch ohne Einschaltung von Flaschen, mit Flaschen noch höher[3]).

Vergleichung der Linienspectren des Natriums.

1. Das Natriumspectrum bei circa 1000° C. (Flammenspectrum) weist im sichtbaren Theile blos die bekannte doppelte D-Linie auf, was zur irrigen Anschauung Veranlassung gab, das

[1]) Lecoq de Boisbaudran: «Spectres lumineux», Paris 1874.

[2]) Nach einer privaten Mittheilung des Herrn Prof. Dr. E. Wiedemann in Erlangen, welche uns derselbe freundlichst mit Hinsicht auf eine noch nicht publicierte diesbezügliche Studie machte.

[3]) Wiedemann: «Über Temperaturen in Geisslerröhren», Annal., 6., 1879, pag. 298.

Natriumlicht sei monochromatisch; wir haben aber nachgewiesen [1]), dass dies nicht der Fall sei, da überdies noch ultraviolette Linien in diesem Spectrum auftauchen, welche mit den leicht umkehrbaren ultravioletten Natriumlinien des Bogenspectrums identisch sind und gleichzeitig auch Hauptlinien des Funkenspectrums darstellen. Es kommen jedoch nicht alle ultravioletten Hauptlinien des Bogenspectrums (beziehungsweise Funkenspectrums) im Natriumflammenspectrum vor, es fehlen vielmehr einige der brechbarsten Hauptlinien, was auf den Umstand zurückzuführen ist, dass bei Spectren von niedriger Temperatur in der Regel die brechbarsten ultravioletten Bezirke sehr lichtarm sind.

2. Im Bogenspectrum des Natriums (Temperatur circa 3500° C.) finden sich alle Linien des Flammenspectrums wieder und zwar als umgekehrte Hauptlinien; überdies treten neue Linienpaare auf (s. Tabelle), wovon für das Auge insbesondere die grünen Linien $\lambda = 5153$ und 5149, sowie $\lambda = 4983$ und 4979 auffällig sind und auf der photographischen Platte noch einige Linien im Ultraviolett $\lambda = 3303$, 3302, sowie $\lambda = 2852$, 2680 als Hauptlinien hervortreten.

3. Im Funkenspectrum des Natriums finden sich, mit Ausnahme einer zweifelhaften Doppellinie ($\lambda = 4423$ und 4420), alle Linien des Bogenspectrums wieder und zwar treten alle Hauptlinien des letzteren im ersteren gleichfalls als Hauptlinien auf. Die Umkehrungserscheinungen sind aber beim Funkenspectrum im Allgemeinen weitaus nicht so häufig auftretend, als beim Bogenspectrum. Besonders auffällig tritt das grüne Natriumlinienpaar $\lambda = \begin{Bmatrix} 5688 \\ 5682 \end{Bmatrix}$ hervor, welches bei Anwendung von thunlichst starken Flaschenfunken fast die Helligkeit der gelben Natriumlinie *D* erreicht; dazu kommen insbesondere die ultravioletten Natriumlinien $\lambda = \begin{Bmatrix} 3302 \\ 3303 \end{Bmatrix}$, 3093 und 2493; andere in der Tabelle angeführte Natriumlinien sind für das Funkenspectrum neu und charakteristisch; sie fehlen im Bogenspectrum.

Vergleichung der Linienspectren des Kaliums.

1. Das Flammenspectrum des Kaliums (Temperatur circa 1000° C.) ist linienreicher als dasjenige des Natriums. Es enthält zunächst die leicht umkehrbaren Kaliumhauptlinien des Bogenspectrums, darunter (wie wir bereits früher nachgewiesen haben [2]) auch ultraviolette, aber nur bis zu einer Wellenlänge von $\lambda = 3217$, während die brechbaren ultravioletten Hauptlinien des Kaliums, welche sich im Bogen- und Funkenspectrum nachweisen lassen, fehlen. Ferner treten im Flammenspectrum noch andere, nicht «leicht umkehrbare» Hauptliniengruppen des Bogen- und Funkenspectrums auf, allerdings weniger scharf und nicht so gut auflösbar als im letzteren Falle, ja sie treten sogar gewissermassen fragmentarisch auf.

2. Im Bogenspectrum des Kaliums (Temperatur circa 3500° C.) finden sich alle Linien des Flammenspectrums wieder (mit alleiniger Ausnahme einer ganz schwachen rothen Linie $\lambda = 7040$) jedoch treten zahlreiche neue wohldefinierte Liniengruppen hinzu, darunter Hauptlinien: zum Beispiel die rothen Linien $\lambda = 6938$ und 6911 und Andere, deren Erscheinen offenbar an die hohe Temperatur, welche im elektrischen Bogen herrscht, gebunden ist.

3. Noch linienreicher als das Bogenspectrum des Kaliums ist das Funkenspectrum dieses Elementes (Temperatur 100000° C.), in welchem sich alle Hauptliniengruppen des ersteren wiederfinden, ausgenommen einige sehr schwache verwaschene Gruppen (s. Tabelle), deren Beobachtung auch im Bogenspectrum nicht mit Sicherheit möglich ist. Aber ähnlich wie beim Natrium treten im Funkenspectrum des Kaliums zahlreiche starke Linien auf, welche für das Letztere charakteristisch sind, zum

---

[1]) Vergl. pag. 87 dieser Abhandlungen.

[2]) Ibid.

Beispiel die blauen und violetten Linien λ = 4609, 4506, 4467, 4263, 4186, 4149, 4134, 4001, 3966, 3955, die ultravioletten Linien λ = 3898, 3440, 3385, 3381, 3345 etc. (s. Tabelle).

Dem Kalium- und Natriumspectrum kommt somit die gemeinsame Eigenschaft zu, dass die Spectren bei steigender Temperatur linienreicher werden und daher vom Flammenspectrum (1000° C.) und Bogenspectrum (3500° C.) zum Funkenspectrum (100000° C.) neue Hauptlinien als Zuwachs auftauchen, während die den niederen Temperaturen entsprechenden Linien auch bei höheren Temperaturen als Hauptlinien vorhanden bleiben.

Linienspectren des Cadmiums.

Das Spectrum des Cadmiums ist bereits so oft von verschiedenen Spectroskopikern untersucht und es sind die Wellenlängen der Linien dieses Spectrums wiederholt bestimmt worden, dass es vielleicht auf den ersten Blick überflüssig erscheint, sich mit einer Neubestimmung der genannten Spectrallinien zu befassen. Es macht sich jedoch eine Unsicherheit in den Messungen der Cadmiumlinien bemerkbar, welche umso mehr fühlbar wurde, als das Cadmiumspectrum vielfach als Normalspectrum bei optischen Untersuchungen benützt wird und man nach dem Vorgange Mascart's [1]) einzelne zur Orientierung besonders günstige Linien dieses Spectrums mit besonderen Nummern versah. Diese Numerierung hat den Zweck, bestimmte Gegenden des Spectrums darnach zu bezeichnen und ist auch in die meisten Lehrbücher der Optik und Spectralanalyse übergegangen.

Wir werden nun den Nachweis führen, dass in der Numerierung dieser Linien und der Zuerkennung der betreffenden Wellenlängen eine Unordnung eingetreten ist, welche in dem eigenthümlichen Verhalten des Cadmiumspectrums je nach den verschiedenen Temperaturen der Lichtquellen (Flamme, Bogen, Funke) seinen Grund hat.

Das Funkenspectrum des Cadmiums ist von dessen Bogenspectrum sehr verschieden. Kayser und Runge, welche das letztere genau untersuchten [2]), sagen sehr zutreffend: «Beim Cadmiumspectrum zeigt sich in noch höherem Grade dasjenige, was schon beim Zinkspectrum bemerkt wurde, dass nämlich ein Vergleich zwischen Funken- und Bogenspectrum unmöglich wird; die Spectren sind vollkommen verschieden und haben im Wesentlichen nur die Triplets gemeinsam». Wenn auch das Bogenspectrum von Kayser und Runge, sowie von Ames sehr gut untersucht wurde, so liegen über das Funkenspectrum nur fragmentarische Beobachtungen vor. Die ersten genauen Bestimmungen im sichtbaren Theile rühren von Thalén her. Hartley und Adeney photographierten das ultraviolette Funkenspectrum des Cadmiums und bestimmten die Wellenlängen der Haupt- und Nebenlinien; zu Beginn des Ultraviolett sind die Messungen lückenhaft; Bell gab nur die Wellenlängen einiger Hauptlinien und seine Tabelle [3]) lässt viele charakteristische Linien vermissen [4]).

Die älteren weniger genauen Messungen von Mascart, welche sich auf das Funkenspectrum des Cadmiums beziehen, haben insoferne Interesse, als sich daselbst die erwähnten Liniennumerierungen finden, welche später in die Fachliteratur übergiengen.

Im Bogenspectrum finden sich aber mehrfache Liniengruppen, deren Hauptlinien nahe neben anderen Hauptlinien des Cadmiumfunkenspectrums fallen, so dass dieselben Verwechslungen ausgesetzt waren.

---

[1]) Von Huggins, Kirchhoff, Thalén, Lecoq, Mascart, Cornu, Lockyer, Liveing und Dewar, Hartley und Adeney, Bell, Ames, Kayser und Runge.

[2]) «Über Spectren der Elemente», Berlin 1891, Verlag der königl. Akad. d. Wissensch., IV. Abschn., pag. 39.

[3]) S. Watts: «Index of Spectra», 1889, Appendix, pag. 209.

[4]) Die Bell'schen Bestimmungen der Wellenlängen im Cadmiumspectrum erreichen jedoch an Genauigkeit nicht jene von Ames, Kayser und Runge.

Der Grund dieser Verwechslung liegt in eigenthümlichen von uns beobachteten Erscheinungen, dass das Cadmium zum Beispiel eine Doppellinie $\lambda = \begin{Bmatrix} 4415\cdot0 \\ 4413\cdot2 \end{Bmatrix}$ aufweist, deren brechbarere Componente im Bogenspectrum eine starke Hauptlinie repräsentiert, während die weniger brechbare fast unsichtbar ist, wogegen im Funkenspectrum des Cadmiums die Intensitätsverhältnisse der beiden Linien sich geradezu umkehren. Dieses Verhalten war bis jetzt unbekannt und man nahm allgemein an, dass die Cadmiumlinie Mascart's (Funkenspectrum) $\lambda = 4414\cdot5$ (nach Thalén $\lambda = 4415\cdot6$) identisch mit der Linie des Cadmiumbogenspectrums $\lambda = 4413\cdot2$ (Kayser und Runge) sei[1]) und erstere einen ungenauen Wert der damit identischen letzteren Linien darstellt, trotzdem diese Linien um fast drei Angström'sche Einheiten differieren. Es ist aber unzulässig, die Mascart'sche Cadmiumlinie Nr. 7 der Linie $\lambda = 4413\cdot2$ des Bogenspectrums gleichzusetzen, vielmehr ist dieselbe mit der Cadmiumlinie $\lambda = 4415\cdot9$ [2]) identisch. In ähnlicher Weise sind noch andere Gruppen von Cadmiumlinien, welche im Bogenspectrum einerseits und im Funkenspectrum andererseits benachbart sind, verwechselt worden, zum Beispiel die Doppellinie im Cadmiumfunkenspectrum Nr. 8 $(\lambda = <^{3988\cdot4}_{3984\cdot7})$, welche im Bogenspectrum fehlt, wurde mit der letzteren allein auftretenden Linie $\lambda = 3981\cdot9$ verwechselt.

Daraus ergibt sich die Nothwendigkeit, die Mascart'sche Numerierung der Cadmiumlinien neu sicherzustellen, was wir in der nachfolgenden Tabelle gethan haben, indem wir die Linien des Funkenspectrums neu ausmassen, dagegen für das Bogenspectrum uns der Kayser und Runge'schen Zahlen bedienten. Die Cornu'schen Cadmiumlinien Nr. 22 und 26 sind sowohl im Bogen- als auch im Funkenspectrum leicht zu finden, dagegen sind die Nummern 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21 bis jetzt noch keiner Cadmiumlinie zuerkannt worden, weshalb wir (um diese Lücke in der Mascart-Cornu'schen Tabelle zu ergänzen) die entsprechende Hauptlinie des Cadmiumspectrums mit diesen Nummern belegten. Einige Doppellinien, welche Mascart seinerzeit nicht auflösen konnte, haben wir mit *a* und *b* bezeichnet, um uns mit den Hauptnummern thunlichst an Mascart's Originalnumerierung zu halten[3]). Auf diese Weise entstand folgende Tabelle:

Nummer	Funkenspectrum			Bogenspectrum		Anmerkung
	Wellenlängen, bezogen auf Rowland's Normal-spectrum von Eder und Valenta	Inten-sität[1])	Numerierung wurde ertheilt von	Analoge Linien im Cadmium-Bogenspectrum	Inten-sität	
1	6439·3	10	Mascart	fehlt!	—	
2	5379·3	10	„	„	—	
3	5338·6	10	„	„	—	
4	5086·1	10	„	5086·1	10	umgekehrt im Bogenspectrum
5	4800·1	10	„	4800·1	10	umgekehrt im Bogenspectrum

[1]) Auch Kayser und Runge machten diese Annahme.

[2]) Bezogen auf das Rowland'sche Normalspectrum.

[3]) Verzeichnis der Mascart'schen Originalnumerierungen und der von ihm bestimmten Wellenlängen der Cadmium-Linien:

Nr.		Nr.		Nr.	
1	6437·0	7	4414·5	17	2743·4
„ 2	5377·1	„ 8	3985·6	„ 18	2574·2
„ 3	5336·3	„ 9	3607·5	„ 23	2318·3
„ 4	5084·4	„ 10	3464·5	„ 24	2265·6
„ 5	4798·6	„ 11	3403·0	„ 25	2217·1
„ 6	4676·5	„ 12	3287·5		

Watts: «Index of Spectra», 1889, pag. 22.

Nummer	Funkenspectrum			Bogenspectrum		Anmerkung
	Wellenlängen, bezogen auf Rowland's Normal-spectrum von Eder und Valenta	Intensität[1])	Numerierung wurde ertheilt von	Analoge Linien im Cadmium-Bogenspectrum	Intensität	
6	4678·4	10	Mascart	4678·4	10	umgekehrt im Bogenspectrum
7	4415·9	10	„	äusserst schwach oder fehlend	—	
8 a	3988·4	4	Eder und Valenta	fehlt!	—	Mascart führt sie nur als einfache Linie
8 b	3984·7	3		„	—	
9 a	3613·0	8	„	3613·0	8	umgekehrt im Bogen, Mascart führt sie nur als einfache Linie
9 b	3610·7	10		3610·7	10	
10 a	3467·8	10	„	3467·8	10	umgekehrt im Bogen, Mascart führt sie nur als einfache Linie
10 b	3466·3	10		3466·3	10	
11	3403·7	10	Mascart	3403·7	10	umgekehrt im Bogen
12 a	3285·8	4	Eder und Valenta	fehlt!	—	Mascart führt sie nur als einfache Linie
12 b	3283·6	4		„	—	
13	3133·3	8	„	3133·3	8	
14 a	3085·4	5	„	fehlt!	—	
14 b	3081·0	5		3081·0	6	
15	2980·8	10	„	2980·8	8	
16	2837·0	8	„	2837·0	8	umgekehrt im Bogenspectrum
17	2748·7	10	Mascart	2748·7	2	
18	2573·1	10	„	2573·1	4	
19	2499·9	3	Eder und Valenta	fehlt!	—	
20	2470·0	4	„	„	—	
21	2418·9	4	„	„	—	
22	2321·3	8	Cornu	2321·2	1	
23	2313·0	10	Mascart	2313·0	4	
24	2265·1	10	„	2265·1	4	im Bogen und im Funken umgekehrt
25	2194·7	5	Cornu	2194·7	1	
26	2144·5	5	„	2144·5	4	im Bogen und im Funken umgekehrt
27	2111·6	2	Eder und Valenta	fehlt!	—	

[1]) Die Intensität der schwächsten Linie wurde = 1, jene der stärksten = 10 gesetzt.

Wir beschränkten uns jedoch nicht auf die Ausmessung der numerierten Cadmiumlinien, sondern untersuchten das ganze Cadmiumspectrum, indem wir unsere Messungen auf Kayser und Runge'sche Zahlen bezogen (verglichen mit Zn, Pb, Sn, Tl, Fe und im brechbarsten Theile mit Cu), somit die nachstehende Tabelle auf das Rowland'sche Normalspectrum bezogen erscheint.

Bis zur Cadmiumlinie Nr. 9 bedienten wir uns bei den Aufnahmen unseres Glasspectrographen (s. vorher).

Von der Cd-Linie Nr. 9 bis Nr. 27 wurden die Linien mittelst des Quarzspectrographen photographisch aufgenommen.

Nachfolgende Tabelle gibt das vollkommene Spectrum des Cadmiums, sowohl für das elektrische Bogenlicht, als auch für den Funken (ersteres nach Kayser und Runge, letzteres nach unseren eigenen Untersuchungen).

Bei den Cadmiumlinien, welche dem Bogen entsprechen, setzten wir unmittelbar die Kayser und Runge'schen Ziffern; doch überzeugten wir uns zuvor, ob dieselben Linien in einem von uns photographierten Bogenspectrum enthalten seien, was in der That der Fall war.

Dieselben Ziffern nahmen wir für die damit coïncidierenden Linien des Cadmiumfunkenspectrums und berechneten die übrigen Linien neu.

Spectrum des Cadmiums (bezogen auf Rowland's Normalspectrum).

	Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta				Frühere Beobachtungen	
	λ	*i*	Bemerkung	Nr.	λ	*i*	Bemerkung	Thalén	
Roth	—	—			6467·4	2	scharf	6466·3	
	—	—		1	6439·3	10	lange Linie (scharf)	6438·3	6438·8 Bell
	—	—			6057·7	2		6056·7	
Orange	—	—			6004·7	2		6003·7	
	—	—			5958·7	2	scharf	5957·7	
	—	—			5914·1	2		5913·1	
	—	—			5791·1	2		5790·1	
	—	—			5688·2	4		5687·1	
	—	—			5663·6	1			
	—	—			5640·6	1	sehr schwach		
Gelb	—	—			5611·6	1			
	—	—			5490·2	6		5489·1	
	—	—			5472·5	6	scharf	5471·2	
	—	—			5391·1	2			
	—	—		2	5379·3	10	lange Linie	5378·2	5379·2 Bell
	—	—		3	5338·6	10		5337·7	5338·5 Bell
	—	—			5308·2	1	schwach		
	—	—			5305·1	3	scharf		
	—	—			5203·9	1	schwach		
Grün	—	—			5174·3	3	scharf		
	5154·9	6	unscharf nach Roth		5155·2	1		5153·2	
	5086·1	10	umgekehrt	4	5086·1	10	lange Linie	5085·1	5086·1 Bell
	—	—			5026·5	1	schwach		
	—	—			4854·7	2	scharf		
	4800·1	10	umgekehrt	5	4800·1	10		4799·1	4799·0 H. u. A. 4800·2 Bell
	—	—			4783·6	1	lange Linie		
	—	—			4707·3	2			
	—	—			4693·7	2			
Blau	4678·4	10	umgekehrt	6	4678·4	10	scharf (lange Linie)	4677·0	4678·4 Bell 4676·7 H. u. A.
	4662·7	8	verbreitert nach Roth		4662·7	3			
	—	—			4646·5	1			
	—	—			4634·8	1	sehr schwach		
	—	—			4631·3	1			
	—	—			4600·0	1	verwaschen		
	—	—			4581·9	1			
	—	—			4541·6	1			
	—	—			4521·4	1	sehr schwach		
	—	—			4491·3	1			
	—	—			4487·8	1			
	—	—			4443·4	2	deutlich, scharf (l. Linie)		
	4415·9	1	äusserst schwach [1]	7	4415·9	10	Hauptlinie (scharf)	4415·6	4414·2 Bell 4414·5 H. u. A.
Indigo	4413·2	6	verbreitert nach Roth [2]		4413·2	2	schwache Linie		
	—	—			4403·5	1	schwach		
	—	—			4393·5	1			
	4307·0	4	verbreitert		—	—			
	—	—			4293·9	2	ziemlich scharf		
	—	—			4272·9	3			
	—	—			4271·2	3	scharf		
	—	—			4245·8	4			
	—	—			4226·6	1	undeutlich		
	—	—			4217·1	6	scharf	4215·3 Hartley-Adeney	
Violett	—	—			4214·0	2			
	—	—			4191·8	4	ziemlich scharf		
	—	—			4177·5	2			

[1]) Von Kayser und Runge nicht beobachtet, aber von uns im Bogenspectrum als sehr schwache Linie erkannt.
[2]) Von Kayser und Runge irrthümlich als «Cd Nr. 7» bezeichnet.

	Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta				Frühere Beobachtungen
	λ	i	Bemerkung	Nr.	λ	i	Bemerkung	
	—	—			4171·6	2		
	—	—			4163·9	2		
	—	—			4158·1	5	ziemlich scharf	4158·0
	—	—			4142·1	4		4141·0
	—	—			4139·8	2		
	—	—			4136·9	1		Hartley
	—	—			4134·3	1	undeutlich	und
	—	—			4130·9	1		Adeney
	—	—			4127·1	6		4127·4
	—	—			4116·8	3	scharf	4115·2
	—	—			4114·7	5		
	—	—			4112·8	1	sehr schwach	
	—	—			4102·6	1		
	—	—			4095·0	7	scharf	
	—	—			4092·5	3	ziemlich scharf	
	—	—			4083·9	1		
	—	—			4077·4	1		
	—	—			4075 8	1		
	—	—			4072·1	1	schwach	
	—	—			4068·8	1		
	—	—			4066·3	1		
	—	—			4064·1	1		
Violett	—	—			4057·7	5	scharf	
	—	—			4054·0	1	unscharf	
	—	—			4049·1	3	ziemlich scharf	
	—	—			4044·7	3		
	—	—			4038·6	1	undeutlich	
	—	—			4035·1	3	ziemlich scharf	
	—	—			4029·2	1	sehr schwach	
	—	—			4023·3	1		
	—	—			4018·5	2	etwas unscharf	
	—	—			4014·8	1		
	—	—			4009·2	1	schwach, undeutlich	
	—	—			4006·0	1		
	—	—			3994·1	3		
	—	—			3992·0	4		
	—	—		8 a	3988·4	5		3987·6
	—	—		8 b	3984·7	3		
	3981·9	2	verbreitert nach Roth[1]		—	—	ziemlich scharf	
	—	—			3977·8	6		3976·3
	—	—			3976·8	6		3974·5
	—	—			3958·9	7		
	—	—			3951·0	3		
	—	—			3945·7	1	sehr schwach	
	—	—			3940·4	8		3940·0
	—	—			3935·7	3	ziemlich scharf	Hartley
	—	—			3919·6	4		und
	—	—			3910·5	1	undeutlich	Adeney
	—	—			3902·9	1		
	—	—			3899·4	2	ziemlich scharf	
	—	—			3889·8	1	sehr schwach	
Ultraviolett	—	—			3865·4	2		
	—	—			3852·3	4		3851·0
	—	—			3848·2	2		
	—	—			3843·8	2	ziemlich scharf	
	—	—			3840·6	2		
	—	—			3837·9	2		
	—	—			3808·2	3		3810·0

[1]) Von Kayser und Runge irrthümlich als «Cd Nr. 8» bezeichnet,

	Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta				Frühere Beobachtungen	
	λ	i	Bemerkung	Nr.	λ	i	Bemerkung	Hartley und Adeney	Bell
Ultraviolett	3729·2	4	verbreitert nach Roth						
	3649·7	2						3682·6	
	3614·6	4			3614·6	2	schwach		
	3613·0	8	umgekehrt	9 a	3613·0	8	lange Linie (scharf)	3611·8	3611·8 Bell
	3610·7	10		9 b	3610·7	10		3609·6	3609·4 Bell
	3595·6	1			—	—	fehlt oder sehr schwach		
	—	—			3535·8	5		3535·0	3534·7 Bell
	3500·1	4	verbreitert nach Roth		3501·2	1	verschwommen		
	—	—			3499·3	1		3498·2	
	3467·8	8		10 a	3467·8	10		3466·8	3466·7 Bell
	3466·3	10	umgekehrt	10 b	3466·3	10	lange Linie	3465·4	3465·2 Bell
	3403·7	10		11	3403·7	10		3402·9	3402·7 Bell
	—	—			—	—		3384·7	
	3299·1	4			3299·1	1			
	—	—		12 a	3285·8	4		3285·3	
	—	—		12 b	3283·6	4	etwas unscharf	3282·9	
	—	—			3276·9	3		3276·4	
	—	—			3264·2	2		3264·1	
	3261·2	10	umgekehrt		3261·2	8		3260·2	
	3252·6	8	verbreitert nach Roth		3252·6	7	lange Linie (scharf)	3251·8	
	—	—			3250·5	7		3249·5	
	—	—			3236·4	2	undeutlich	3233·6	
	—	—			—	—		3222·6	
	—	—			3221·3	1		3219·9	
	—	—			3217·8	3		3216·0	
	—	—			3212·0	1		3211·8	
	—	—			3209·9	3		3209·0	
	—	—			3201·8	1		3200·6	
	—	—			3197·5	1	nicht sehr scharf	3196·8	
	—	—			3196·2	1		3194·9	
	—	—			3185·4	4		3185·1	
	—	—			3182·8	1		3181·5	
	—	—			3178·5	1		3177·9	
	—	—			3176·7	1		3176·1	
	—	—			3173·8	3	vielleicht doppelt	3172·9	
	—	—			3161·6	4		3161·0	
	—	—			3157·1	3	nicht sehr scharf	3156·0	
	—	—			3153·6	1		3152·7	
	—	—			3141·2	1			
	3133·3	8	unscharf nach Roth	13	3133·3	8	lange Linie (scharf)	3132·5	
	—	—			3129·5	4		3129·6	
	—	—			3124·8	3		3123·6	
	—	—			3122·2	3	ziemlich scharf	3120·9	
	—	—			3119·2	3		3117·8	
	—	—			3113·5	2		3112·0	
	—	—			3095·9	5		3095·0	
	—	—			3093·0	1	sehr schwach		
	—	—			3089·3	2		3090·5	
	—	—			—	—		3087·7	
	—	—		14 a	3085·4	5	scharf	3084·3	3084·3 Bell
	3081·0	6	unscharf nach Roth	14 b	3081·0	5	lange Linie (scharf)	3080·2	
	—	—			3077·3	1		3076·7	
	—	—			—	—		3073·2	
	—	—			3068·9	3		3067·8	
	—	—			3065·0	4		3064·0	
	—	—			3059·5	3		3058·4	
	—	—			3053·2	3		3052·3	
	—	—			3048·9	3		3048·2	
	—	—			3035·8	1		3034·9	

	Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta				Frühere Beobachtungen	
	λ	i	Bemerkung	Nr.	λ	i	Bemerkung	Hartley und Adeney	
Ultraviolett	—	—			3024·8	1	undeutlich	3023·8	
	—	—			3017·2	3		3016·1	
	—	—			3014·1	1		3013·8	
	—	—			3011·4	1	verschwommen		
	—	—			3008·7	1			
	—	—			3007·2	1	verschwommen		
	3005·5	1	unscharf nach Roth		—	—			
	—	—			3003·8	1	verschwommen	3002·5	
	—	—			2996·2	5		2994·8	
	—	—			2987·3	2		2986·1	
	2981·5	4	umgekehrt		—	—			
	2980·8	8		15	2980·8	10	lange Linie (scharf)	2979·9	2979·9 Bell
	—	—			2971·8	2		2970·2	
	—	—			2964·6	1	verschwommen	2964·5	
	2961·6	4	unscharf nach Violett		2961·8	2	verbreitert nach Violett		
	—	—			2952·4	2		2951·4	
	—	—			2948·9	4		2947·1	
	—	—			2926·6	1			
	2908·9	1	unscharf nach Roth		2910·9	4		2909·9	
	2903·2	1			—	—			
	2881·3	4	umgekehrt		2893·7	1			
	2880·9	8			2880·9	10	lange Linie, verbreitert	2880·1	2880·3 Bell
	2868·4	6	verbreitert nach Roth		2868·4	5		2868·0	
	2862·4	4	verbreitert nach Violett		2862·0	2			
	2837·0	8	umgekehrt	16	2837·0	8	lange Linie, verbreitert	2836·1	2836·5 Bell
	—	—			2834·4	3		2833·0	
	—	—			—	—		2832·3	
	—	—			2823·9	1	sehr schwach		
	2818·7	2	verbreitert nach Violett		2818·5	1			
	—	—			—	—		2807·3	
	—	—			2805·5	2		2804·0	
	—	—			2802·7	1			
	—	—			2795·7	2			
	—	—			2780·1	1		2779·8	
	2775·1	6	verbreitert nach Roth		2775·1	6	lange Linie		
	—	—			2773·1	1	verschwommen	2774·5	
	—	—			2767·2	2		2766·5	
	2764·3	2	umgekehrt		2764·3	4	lange Linie	2763·1	
	2764·0	6			—	—			
	2756·7	2			2757·1	1			
	2748·7	2	verbreitert nach Roth	17	2748·7	10	lange Linie	2747·7	2748·5 Bell
	2734·0	4			2734·0	3			
	—	—			2726·9	2		2726·9	
	2712·7	—			2712·0				
	—	—			2706·9	2		2706·0	
	2677·7	8	sehr unscharf		2677·7	8	lange Linie	2677·2	
	2670·8	2			2671·0	2			
	—	—			2668·3	2			
	2660·5	4	verbreitert nach Roth		2660·5	1		2658·5	
	2657·1	2			—	—			
	2654·7	1	sehr unscharf		—	—			
	—	—			—	—		2649·4	
	—	—			—	—		2645·4	
	2639·6	6	umgekehrt		2639·8	3	verbreitert	2639·7	
	—	—			—	—		2639·5	
	—	—			—	—		2635·3	
	2632·3	2	unscharf nach Roth		2633·1	1	verschwommen	2632·7	
	—	—			—	—		2632·3	
	—	—			—	—		2630·2	

	Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta				Frühere Beobachtungen		
	λ	i	Bemerkung	Nr.	λ	i	Bemerkung			
Ultraviolett	2629·2	4	unscharf nach Roth		2629·7	1		2629·1	Hartley und Adeney	
	—	—			—	—		2624·8		
	—	—			2619·1	2		2618·0		
	—	—			—	—		2614·0		
	—	—			—	—		2611·0		
	2602·0	2	sehr unscharf		2602·0	1	sehr verschwommen	2600·8		
	—	—			—	—		2598·8		
	—	—			—	—		2595·3		
	2592·1	2	unscharf nach Roth		2592·3	1	sehr schwach	2592·0		
	—	—			—	—		2587·8		
	—	—			—	—		2585·0		
	2582·9	1	unscharf		—	—				
	2580·3	2	sehr unscharf		2580·5	1	sehr schwach			
	2573·1	4		18	2573·1	10	lange Linie	2572·2		2573·0 Bell
	—	—			—	—		2563·2		
	—	—			—	—		2557·4		
	—	—			—	—		2555·0		
	2553·6	4	unscharf nach Roth		2552·2	5		2551·6		
	—	—			2546·5	1	äusserst schwach	2547·2		2546·4 Bell
	2544·8	2	unscharf		2544·9	1		2544·5		
	2525·6	1	sehr unscharf		—	—				
	2521·7	1			—	—				
	2507·9	1			—	—				
	—	—		19	2499·9	3		2499·6		
	—	—			2495·5	1				
	—	—			2487·9	3		2488·2		
	—	—			2478·7	2	fraglich, ob zu Cd gehörig			
	2474·2	1	sehr unscharf		—	—				
	—	—		20	2470·0	4		2469·3		
	—	—			2446·1	2	fraglich, ob zu Cd gehörig			
	—	—			2433·8	1				
	—	—			2426·6	1	sehr schwach			
	—	—			2423·9	1	verschwommen			
	—	—		21	2418·9	4		2418·5		
	—	—			2418·6	1				
	—	—			2411·2	1	verschwommen			
	—	—			2377·0	2		2377·3		
	—	—			2375·0	1		2376·6		
	—	—			2355·4	1				
	—	—			2350·5	1				
	—	—			2343·5	1				
	—	—			2333·2	1	sehr schwach			
	2329·4	8	umgekehrt		2329·4	7		2329·5		2329·2
	2321·2	1		22	2321·2	8	lange Linie	2321·6		2321·1 Bell
	2313·0	4		23	2313·0	10	verbreitert	2313·6		2312·8
	2306·7	4	umgekehrt		2306·7	5		2307·0		
	2288·1	10	breit, umgekehrt		2288·1	10	lange Linie umgekehrt	2288·9		2288·0 Bell
	2267·5	4	umgekehrt		2267·5	3		2268·6		
	2265·1	4			2265·1	10	umgekehrt	2265·9		2264·9 Bell
	2262·4	1			—	—				2264·4 [1]
	—	—			2248·7	1		2249·2		
	2239·9	6	umgekehrt		2239·9	3	lange Linie	2241·4		
	—	—			2228·1	1		2227·0		
	—	—			2224·3	3	verschwommen			
	—	—			2204·0	1	umgekehrt	2206·2		
	2194·7	1		25	2194·7	5	lange Linie	2196·4		2194·0 Bell
	—	—			2187·9	1				
	—	—			2183·1	1				
	2170·1	1			2168·8	1	verschwommen			
	2144·5	4		26	2144·5	5	lange Linie, umgekehrt	2146·8		2143·8 Bell
	—	—	umgekehrt		2111·6	2		2111·5		

[1]) Bell hielt wahrscheinlich die umgekehrte, rechts und links mit einem schwarzen Rande versehene Cadmium-Linie (λ = 2265·1) irrthümlich für eine Doppel-Linie (E. u. V.).

Das Funkenspectrum des Cadmiums wurde mittelst eines kräftigen Flaschenfunkens erzeugt; die Cadmiumelektroden waren aus vollkommen reinem, von Herrn Professor Dr. Kahlbaum in Basel in Vacuum destillierten Cadmium, sowie zum Vergleiche mit «chemisch reinem» Cadmium aus der chemischen Fabrik von Dr. Schuchardt in Görlitz hergestellt, welches sich mit Ausnahme einer geringen Spur von Zink als rein erwies. Das Funkenspectrum erzeugten wir an der Luft; zur Bestimmung der weniger brechbaren Cd-Linien liessen wir den Funken zwischen den Cd-Elektroden in einer Atmosphäre von Wasserstoff (bei Atmosphärendruck) überschlagen, wobei manche feine, neue Cd-Linien deutlich sichtbar werden, welche von dem stark entwickelten, linienreichen «Luftspectrum» sonst verdeckt werden. Von $\lambda < 3600$ ist das letztere wenig störend.

Wie aus diesen Resultaten hervorgeht, sind die auffälligen Differenzen zwischen Bogen- und Funkenspectrum des Cadmiums thatsächlich vorhanden und nicht etwa auf Schwankungen in den Beobachtungsmodalitäten oder ungenaue Beobachtungen zurückzuführen.

Es kommt somit dem Cadmium im Bogen (Temperatur circa 3500° C.) entschieden ein anderes Spectrum zu, als dem Cadmium im starken Flaschenfunken (Temperatur circa 100000° C. und relativ geringe Dampfmenge). Die beiden Spectren verhalten sich unter sich anders, als die Spectren von Kalium und Natrium bei verschiedenen Temperaturen; während bei den letzteren Metallen mit steigender Temperatur im Grossen und Ganzen nur ein Zuwachs von neuen Linien auftritt, ist bei Cadmium ein durchgreifender Unterschied zu constatieren, indem Hauptlinien des Bogenspectrums im Funkenspectrum fehlen oder mit sehr geringer Intensität auftreten und umgekehrt [1]).

Die allgemein herrschende Ansicht zur Erklärung solcher Phänomene besteht darin, dass man in dem einen Falle ein Spectrum, welches durch das Molecül veranlasst werde, vor sich habe, während bei steigender Temperatur das Atomspectrum auftritt. Jedoch gerade diese Annahme steht mit den Ergebnissen der Dampfdichte-Bestimmungen des Cadmiums im Widerspruche, nach welchen die Dampfdichte dem Atomgewichte so nahe kommt, dass man annimmt, der Dampf des Cadmiums bestehe nur aus Atomen [2]).

Schliesslich dürften die Vergleiche der Metallspectren bei verschiedenen Temperaturen Anhaltspunkte gewähren, welche Linien unter sich in Beziehung als Liniengruppen von bestimmten Serien stehen, da wahrscheinlich jene Liniengruppen, deren Intensitäten mit steigender Temperatur im selben Sinne variieren, zu denselben Serien gehören dürften. Dasselbe gilt von den Umkehrungserscheinungen gewisser Linien im Spectrum. Das Bogenspectrum zeigt ausgesprochenere Umkehrungsphänomene, als das Funkenspectrum, weil im ersteren Falle reichliche Dampfmengen auftreten. Umso bemerkenswerter ist die Thatsache, dass im Funken sich gewisse von den beobachteten Cadmiumlinien auffallend leicht umkehren, während andere im Bogenspectrum sehr leicht umkehrbare Linien im Funkenspectrum des Cadmiums keine Umkehrung geben.

Ob für die Entstehung verschiedenartiger Spectren die Temperatur allein, respective der Druck oder die Menge des Metalldampfes ausschlaggebend ist, oder ob nicht vielleicht die Art der elektrischen Erregung der Atome oder deren Aetherhüllen eine Rolle hiebei spielen, ist auf Grund der vorliegenden Beobachtungen kaum zu unterscheiden, jedoch hoffen wir durch unsere dem Abschlusse nahen Untersuchungen über variable Quecksilberspectren dieser Frage näher treten zu können.

---

[1]) Diese Erscheinungen müssen auch bei Rückschlüssen über die Anwesenheit von Metallen in der Sonne wohl beachtet werden.

[2]) Ostwald: «Lehrbuch d. allgem. Chemie», 2. Aufl., 1891, Bd. I, pag. 187.

Über die verschiedenen Spectren des Quecksilbers.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 5. Juli 1894.)

Das Spectrum des Quecksilbers war in seinen verschiedenen Erscheinungsformen als Bogen-, Funken- und Flammenspectrum seit Kirchhoff öfters von Spectroskopikern untersucht worden, ohne dass eine wünschenswerte Übereinstimmung in den Angaben der letzteren erzielt worden wäre. Namentlich die wichtige Rolle, welche das Quecksilberspectrum in Geissler'schen Röhren mitunter als unwillkommene Nebenerscheinung spielt, ist nicht genügend sichergestellt, so dass wir bei Versuchen, das Quecksilberspectrum an der Hand der bisher vorliegenden Publicationen[1]) in anderen Spectren zu identificieren, respective aus denselben zu eliminieren, auf unüberwindliche Hindernisse stiessen.

Wir griffen deshalb das Studium dieses Spectrums neuerdings auf und wollen, um die Ergebnisse desselben übersichtlich darzustellen, zunächst auf die vor uns gemachten Untersuchungen über das Quecksilberspectrum in Kürze eingehen.

Das Bogenspectrum des Quecksilbers ist von Kayser und Runge erschöpfend untersucht worden [2]), welche dasselbe bis zur Wellenlänge 610 $\mu\mu$ photographierten; sie fanden zahlreiche Triplets, welche sie in Haupt- und Nebenserien einreihten. Das Funkenspectrum des Quecksilbers wurde von den genannten Forschern nicht untersucht, wohl aber bemerkten dieselben, dass sie eine grosse Anzahl der von Thalén und von Hartley und Adeney gemessenen Linien nicht, dafür aber eine Anzahl neuer Linien im Bogenspectrum fanden. Die Resultate der Untersuchungen von Kayser und Runge nahmen wir in die folgenden Tabellen auf.

Das Funkenspectrum des Quecksilbers wurde von Huggins [3]) und Thalén [4]) im sichtbaren Theile, von Hartley und Adeney [5]) im ultravioletten Theile mittelst des Quarzspectrographen untersucht. Der Quecksilberfunke wurde dadurch erhalten, dass der Funke zwischen mit Quecksilber gefüllten Glascapillarröhren überschlug. Das Quecksilberspectrum im Geissler'schen Rohre bei vermindertem Druck wurde von H. W. Vogel zuerst einer Untersuchung im violetten Theile und im Beginne des

[1]) Vergl. Watts: «Index of Spectra»; ferner Kayser und Runge: «Die Spectren der Elemente» und die weiter unten citierten Literaturangaben.

[2]) Kayser und Runge: «Die Spectren der Elemente», 4. Abschn., 1891. Abhandl. der königl. preuss. Akad. d. Wissensch. vom Jahre 1891.

[3]) Philosoph. Transact., 1864, pag. 139.

[4]) Thalén: Nova Acta Soc. Ups., (III.) Bd. VI., 1868. — S. auch Watts: «Index of Spectra», 1889, pag. 105.

[5]) Philosoph. Transact., 1884, pag. 175; Watts: «Index of Spectra», a. a. O.

Ultraviolett unterzogen[1]), wobei, da Glasprismen zur Verwendung gelangten, die Linien nur von λ = 3650 aufwärts in die Erscheinung traten.

Bereits E. Wiedemann beobachtete die Erscheinung, dass Geissler'sche Röhren, welche neben Wasserstoff oder Stickstoff etwas Quecksilber enthalten, beim Durchschlagen des Funkens und hinlänglicher Verdünnung, wenn sie erwärmt werden, das Hg-Spectrum zeigen, welches letztere derartig vorherrschend werden kann, dass es allein sichtbar ist, während das H- oder N-Spectrum verschwindet[2]).

H. W. Vogel[3]) untersuchte das Spectrum des Quecksilbers bei geringem Drucke und mässigem Funken, das heisst unter den Bedingungen, wie sie bei den photographischen Aufnahmen der Spectralerscheinungen in Geissler'schen Röhren auftreten. Er benützte dazu eine mit Stickstoff gefüllte Geisslerröhre, die einige Tropfen Quecksilber enthielt. Es zeigten sich bei entsprechender Verdünnung die N-Linien neben den Hg-Linien deutlich. H. W. Vogel verglich nun: 1. das Spectrum des zwischen Hg-Polen bei gewöhnlichem Luftdrucke überspringenden Flaschenfunkens; 2. das Spectrum der quecksilberhaltigen Stickstoffröhre bei gewöhnlicher Temperatur und 3. das Spectrum derselben Röhre im erhitzten Zustande, wobei das Quecksilberspectrum allein hervortrat.

Beim Flaschenfunken der Quecksilberelektroden an der Luft traten im Indigo, Violett und in dem kurzen Stücke Ultraviolett, welches der Glasspectrograph zur Geltung kommen lässt, dieselben Hauptlinien wie im Geissler'schen Rohre auf, jedoch «fehlte die starke Quecksilberlinie λ = 3983 im Röhrenspectrum gänzlich», dagegen traten schwache Linien (λ = 4216, 4172, 4108, 4008, 3910, 3888 bis 3860[4]) und Banden auf, welche im Flaschenfunken fehlten. Vogel bemerkt, es sei auffallend, dass durch Verdünnung, respective Temperaturerniedrigung gerade eine der hellsten («oder um mit Lockyer zu sprechen, der längsten») Linien, λ = 3983, verschwindet, während viel schwächere Gruppen (zum Beispiel 4046 bis 4077) sichtbar bleiben[5]). Ferner sind die Linien des verdünnten Gases schärfer als jene des dichten.

G. Ciamician arbeitete mit reinen quecksilberhaltigen Vacuumröhren, aus welchen fremde Gase durch Auskochen mittelst Quecksilber vorher entfernt wurden[6]). Er beobachtete im durchschlagenden Funken beim gelinden Erwärmen der Röhre im Spectrum eine orangerothe, zwei gelbe, eine gelbgrüne und je eine blaue und violette Linie, deren Wellenlänge er nicht angibt (höchstwahrscheinlich sind dies die Linien λ = 6152·3, 5790·5, 5769·5, 5461·0, 4358·6, 4046·8 unserer im weiteren mitgetheilten Quecksilberlinientabelle; Anm. der Verf.). Ciamician bemerkt, dass die Linien, insbesondere die grünen, blauen und violetten, sich beim Erhitzen des Quecksilberrohres bis zu dem Siedepunkte des Quecksilbers zufolge der Druckerhöhung im Rohre bis zu einer Atmosphäre stark verbreitern. Eine weitere Charakteristik des Quecksilberspectrums findet sich bei Ciamician nicht.

Eigene Versuche.

Die Kenntnis der in Geissler'schen Röhren auftretenden Hg-Linien erschien uns im Verlaufe unserer Arbeiten mit solchen Röhren sehr erwünscht und ist von besonderer Wichtigkeit schon aus dem

---

[1]) Berichte der königl. preuss. Akad. d. Wissensch., 1879, pag. 595.

[2]) Wiedemann's Annal., Bd. V, pag. 500.

[3]) Ibid.

[4]) Wir halten die Linie 4172, welche H. W. Vogel als schwache Quecksilberlinie im Geisslerrohre anführt, für keine Quecksilberlinie, da wir sie in reinen Quecksilberröhren niemals beobachteten; 4108 könnte wohl dem Hg-Linienspectrum angehören, ist aber nur in erhitzten Röhren mit Flaschenfunken erhältlich; die Linie 4008 ist vielleicht eine Componente des Quecksilberbandenspectrums, ebenso 3910; die Linien 3888 bis 3860 sind sicher keine Quecksilberlinien, was unter dem Abschnitte «Bandenspectrum des Quecksilbers» von uns näher erörtert werden wird (Anm. von Eder und Valenta).

[5]) Hierzu bemerken wir, dass wir das Verschwinden der Linie λ = 3984·1 im Geisslerrohre und bei hoher Verdünnung gleichfalls constatierten, jedoch nur, wenn der Funken ohne Flaschen verwendet wurde (s. unsere Tabelle; Eder und Valenta.)

[6]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., 1878, Bd. LXXVIII, pag. 886.

Grunde, weil das Quecksilberspectrum ein nie fehlender Begleiter der Spectren verdünnter Gase ist[1]), wenn die Röhren in der gebräuchlichen Weise mittelst der Quecksilberluftpumpe evacuiert worden sind[2]). Sind daher die im Vacuum möglicherweise auftretenden Quecksilberspectren nicht genau bekannt, so sind irrthümliche Linienbestimmungen oder Verwechslungen beim Arbeiten mit verdünnten Gasen in Geisslerröhren schwer zu vermeiden.

Auch Metalle, welche im Vacuum destilliert werden[3]), zeigen öfter Spuren von Quecksilber, wie wir gelegentlich unserer Untersuchungen über das Spectrum von Kalium und Natrium gezeigt haben; es tritt daher oft an den Spectroskopiker die Frage heran, welche Linien des Quecksilberspectrums wohl als Nebenerscheinungen zu berücksichtigen sind.

Ein Vorversuch, welchen wir mittelst evacuierten Quecksilberröhren machten, zeigte uns die Unmöglichkeit, sich an der Hand der vorhandenen Angaben zu orientieren, denn es trat von dem Hg-Haupttriplet, welches Hartley und Adeney zu Anfang des Ultraviolett führen ($\lambda = 3662, 3654, 3632$) die stärkste Quecksilberlinie ($\lambda = 3632$) nicht auf, dagegen eine intensive Hauptlinie bei $\lambda = 3650$, welche bisher nur von Kayser und Runge im Bogenspectrum beobachtet worden war. Es war somit unentschieden, ob das Bogen- oder Funkenspectrum für das Vacuumspectrum mehr Giltigkeit habe oder ob bei Hartley und Adeney's (sonst sehr verlässlichen) Angaben ein Irrthum unterlaufen sei, wie es sich allerdings schliesslich herausstellte. Eine Vergleichung der bis jetzt vorliegenden Quecksilberlinien unter verschiedenen Druckverhältnissen zeigte uns, dass die Versuche der genannten Spectroskopiker unter zu ungleichartigen Verhältnissen angestellt worden sind, um directe vergleichbar zu sein und weitere Schlussfolgerungen daran knüpfen zu können.

Über die Existenz von verschiedenen Quecksilberspectren: Linien- und Bandenspectrum.

Unsere Untersuchungen erstreckten sich auf das Verhalten des Quecksilberspectrums bei verschiedenen Temperaturen und Druckverhältnissen; wir haben das Funken- und Bogenspectrum, sowie das Spectrum des Quecksilbers in Vacuumröhren in dieselben einbezogen. Hierbei erweiterten wir die Kenntnis des Linienspectrums, welches bisher augenscheinlich nur im unvollkommen entwickelten Zustande beobachtet worden war und entdeckten ein neues Bandenspectrum des Quecksilbers, welches letztere umso interessanter ist, als dadurch der Nachweis erbracht wurde, dass der Quecksilberdampf der Analogie mit anderen Gasspectren folgt, wie zum Beispiel demjenigen des Wasserstoffes, des Stickstoffes etc., bei denen ja gleichfalls ein Linien- und ein Bandenspectrum beobachtet wurde.

Das Linienspectrum des Quecksilbers tritt in verschiedenen Stadien der Vollständigkeit im Bogenlicht, im Funken zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck, in Vacuumröhren bei gewöhnlicher Temperatur unter dem Einflusse des Inductionsfunkens mit und ohne Flaschen, sowie im Quecksilberdampf von 3 bis über 1000 *mm* Druck (bei 100 bis über 400° C.) im Faschenfunken auf. Das Bandenspectrum dagegen erscheint nur unter ganz bestimmten Bedingungen vollkommen ausgebildet, nämlich, wenn man den Funken einer kräftigen Inductionsrolle (ohne Flaschen) durch

---

[1]) Zum Beispiel zeigen Wasserstoffröhren, welche mittelst einer Quecksilberluftpumpe mit Wasserstoff bei einigen Millimetern Druck gefüllt worden sind, manchmal im ultravioletten Theile des Spectrums ziemlich viele Linien im Inductionsfunken, welche aber nichts anderes als Quecksilberlinien sind.

[2]) Sehr lange Glasröhren, welche man eventuell abkühlt, verhindern nicht das Übertreten von Spuren Quecksilbers in die evacuierten Geisslerröhren. Schwefelstückchen, welche Hg binden sollen und darauf folgende Kupferstreifen, wie selbe öfters empfohlen wurden, sind unsichere Hilfsmittel, weil nach V. Schumann sich SO_2-Spuren bilden können. Goldplättchen selbst sind als Absorptionsmittel für Hg nicht völlig wirksam; am besten eignet sich nach V. Schumann Platinmohr, welcher vorher gut ausgeglüht wurde.

[3]) Vergl. pag. 109 dieser Abhandlungen.

Vacuumröhren schlagen lässt, in denen sich ein Tropfen Quecksilber befindet und welche während des Versuches einseitig erhitzt werden, so dass das Quecksilber abdestilliert. Die Dämpfe entweichen durch die Capillare in den anderen weiteren Theil der Röhren, wo Condensation stattfindet und dadurch ein fortwährendes Steigen des Druckes in den Röhren verhindert wird. Wir wollen diese beiden Hauptspectren einzeln genauer beschreiben.

I. Linienspectrum des Quecksilbers.

Das Linienspectrum des Quecksilbers tritt in abweichenden Formen der Entwickelung sowohl im Bogen und Funken, als auch in Vacuumröhren auf.

1. Das Bogenspectrum

entsteht, wenn Quecksilber im elektrischen Flammenbogen verflüchtigt wird; wir behielten die von Kayser und Runge ermittelten Wellenlängen der Linien dieses Spectrums bei, mit Ausnahme einiger weniger Linien, bei denen wir unsere Messungen, der grösseren Schärfe einiger von uns erhaltenen Spectren halber, für entschieden genauer halten. Es ergibt sich (s. Tabelle), dass im Bogenspectrum die Umkehrung zahlreicher Linien viel leichter erfolgt, als im Funken- oder Geisslerrohrspectrum, was auf die im Flammenbogen auftretenden grossen Dampfmengen zurückzuführen ist.

Es finden sich viele unscharfe verbreiterte Linien, was jedoch auch beim Funkenspectrum vorkommt, wenn es beim Durchschlagen des Inductionsfunkens durch Hg-Dämpfe von hohem Drucke entsteht.

2. Das Funkenspectrum des Quecksilbers.

lässt sich am besten erhalten, wenn man zwei U-förmig gebogene Glasröhren von 2 bis 4 *mm* Durchmesser mit reinem Quecksilber füllt, in den einen Schenkel je eine Elektrode leitet und von den Enden der anderen Schenkel den Funken horizontal überspringen lässt. Die mehrfach von Hartley und Adeney empfohlene Methode, das Quecksilber durch Glascapillarröhren nach abwärts tropfen und zugleich den Funken durchschlagen zu lassen, ist schwer ausführbar, sobald man mit starken Flaschenfunken arbeitet; derselbe verdampft die Quecksilbercapillarfäden und zertrümmert leicht die Capillarröhren, so dass die Arbeit unmöglich wird. Weitere mit Quecksilber gefüllte Röhren, wie wir selbe beschrieben haben, geben mit einem Strome (Gleichstrom) von 4 bis 5 Ampère und 110 Volt Spannung in der Primärwickelung unseres Inductoriums[1]) Flaschenfunken (1 Leydenerflasche), mit welchen gute photographierbare Spectren erhalten werden.

Auch unter Verwendung von Metallamalgamen lassen sich gut definierte Quecksilberspectren erzielen; wir zogen es jedoch vor, mit reinem Quecksilber zu arbeiten.

Auf die Reinheit des Quecksilbers verwendeten wir grosse Sorgfalt und destillierten «chemisch reines» Quecksilber, wie es im Handel erhältlich ist, mehrmals im Vacuum, wobei jedes Aufwallen des Quecksilbers im Destillationsapparate, welches ein Mitreissen von flüssigem Quecksilber ins Destillat zur Folge haben könnte, sorgfältig vermieden wurde.

Im Funkenspectrum zeigen sich wesentlich mehr Linien als im Bogenspectrum[2]), was der weitaus höheren Temperatur des Funkens gegenüber jener, welche im Bogen herrscht, zuzuschreiben ist. Eine

---

[1]) S. a. a. O.

[2]) Wir haben im Funkenspectrum des Quecksilbers beiläufig 170 Linien gemessen, gegenüber beiläufig 90 im Bogenspectrum nachgewiesenen Quecksilberlinien.

wesentliche Änderung des Charakters bei derlei Spectren ist nicht zu bemerken, indem durchschnittlich dieselben Hauptlinien beiderseits vorkommen und auffallende Schwankungen in den Intensitätsverhältnissen der Linien nur in beschränktem Masse auftreten (Analogie mit Kalium und Natrium — Gegensatz zu Cadmium und Zink). Viele Linien, deren Existenz bisher im Funkenspectrum nicht bekannt war, welche aber Kayser und Runge im Bogenspectrum neu aufgefunden hatten, constatierten wir auch im Funkenspectrum. Bei Atmosphärendruck sind zahlreiche verbreiterte Linien und Triplets charakteristisch, welche oft derartig verbreitert und von Lichthöfen umgeben sind, dass sie in breite, schwer auflösbare Banden zusammenfliessen; dies gilt besonders von den Triplets $\lambda = 4358$, 4347, 4339, dann 3663, 3654, 3650 und 2655, 2653, 2652, ferner von den Linien 3131, 3125, 3021, 2536 (s. Tabelle) und anderen Linien, welche im Geisslerrohre klar und scharf definiert werden. Diese Erscheinung hängt offenbar mit dem herrschenden Gasdruck zusammen, bei dessen Steigerung das Quecksilberspectrum schon sehr auffallende Verbreiterung zeigt.

Es ist bemerkenswert, dass im Linienspectrum eines quecksilberhältigen Vacuumrohres in der That starke Hauptlinien des Bogen- und Funkenspectrums fehlen, zum Beispiel die Linien $\lambda = 3984{\cdot}1$, 3790·4, 3751·8, 3680·7; jedoch treten diese Linien sofort wieder kräftig hervor, wenn man den Inductionsfunken durch Einschalten von starken Leydenerflaschen verstärkt. H. W. Vogel führt im Funkenspectrum des Quecksilbers (Flaschenfunken) eine Anzahl von Linien als Hg-Linien an, welche, wie er selbst bemerkt, mit Angström'schen Luftlinien coïncidieren, die er aber dennoch als Quecksilberlinien betrachtet. Wir photographierten das Quecksilberspectrum bei Luftzutritt und daneben das Cd-, Zn-, Pb-, Fe-Spectrum ebenfalls bei Luftzutritt und waren so in der Lage, die völlige Coïncidenz einer Reihe derartiger Linien, sowie eine Identität im Charakter desselben mit Luftlinien festzustellen und mussten daher eine grosse Anzahl der erwähnten Linien für wahre Luftlinien erklären. Demzufolge mussten wir folgende Vogel'sche Quecksilberlinien des Funkenspectrums an der Luft aus den Reihen der wahren Quecksilberlinien streichen: $\lambda = 4650$, 4642, 4631, 4620, 4613, 4607, 4601, 4590, 4447, 4425, 4415, 4320, 4216, 4197, 4195, 4188, 4150, 4143, 4131, 4118, 4110, 4104, 4095, 4070, 4060, 3995, 3975, 3967, 3932, 3919 (vergl. auch unsere Anmerkung).

Im Hartley und Adeney'schen Spectrum des Quecksilbers fanden wir keine fremden Linien auf. Inwieweit die von uns ermittelten Zahlen mit jenen übereinstimmen, geht aus der Tabelle unmittelbar hervor.

3. Linienspectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren.

Enthält ein Geisslerrohr nur Spuren von Quecksilber nebst irgend einem Gase (H, N oder CO etc.) von einigen Millimetern Druck, so tritt neben dem Gasspectrum noch das Quecksilberlinienspectrum auf und zwar meist in den Hauptlinien. Verdünnt man das Gas stark im Rohre, so kann unter Umständen das Quecksilberspectrum dominieren (s. vorher), besonders, wenn man das Rohr erwärmt und Flaschenfunken durchschlagen lässt; zum Beispiel zeigen stark evacuierte mit Wasserstoff gefüllte Röhren im Ultraviolett nur das Quecksilberlinienspectrum, wenn auch nur Spuren von Quecksilber vorhanden sind; solche können durch das Verbindungsrohr von der Quecksilberluftpumpe leicht in das Geisslerrohr gelangen. Derartige Spectren sind die linienärmsten der in Vacuumröhren (in der Capillare) zu beobachtenden Quecksilberspectren, insbesondere linienarm wird dasselbe in weiten Geisslerröhren[1]); die Linien sind vollkommen scharf und alle ultravioletten Triplets prächtig scharf aufgelöst; sehr hübsch lässt sich dieses linienärmste Quecksilberspectrum erhalten, wenn man die Röhre, welche einen Tropfen Quecksilber enthält, vollkommen evacuiert und dann zur Beseitigung fremder Gase das Quecksilber zum

---

[1]) Man beobachtet in weiten Geissler'schen Röhren im sichtbaren Theile bei geringem Gasdrucke (Inductionsfunke) häufig nur drei Quecksilberlinien, nämlich die gelbe Linie, $\lambda = 5769$, die gelbgrüne, $\lambda = 5461$ und die blaue, $\lambda = 4358$.

Theile aus dem Rohre destilliert [1]), das Rohr sodann abschmilzt und nun bei gelinder Temperatur den Funken eines kräftigen Inductoriums (ohne Flaschen) hindurchschlagen lässt.

Dieser Versuch lässt sich auch in Röhren, welche mit eingeriebenen Quarzpfropfen oder aufgekitteten Quarzplatten verschlossen sind, durchführen und hiebei das ultraviolette Spectrum photographieren und ausmessen. Es sind im sichtbaren Theile wenig Linien vorhanden, dagegen treten im Ultraviolett viel mehr Linien auf (s. unsere Tabelle).

Die Resultate unserer Untersuchungen zeigen, dass das Quecksilberspectrum im Geisslerrohre, bei Anwendung eines kräftigen Inductoriums ohne Leydenerflaschen, viele Linien besitzt, welche auch im Bogen- und Funkenspectrum als Hauptlinien auftreten, nur sind diese Linien alle viel schärfer und besser definiert, wenn Geisslerröhren unter obigen Umständen zur Verwendung kommen. Insbesondere einige Triplets treten scharf hervor.

Im allgemeinen zeigt das Quecksilberspectrum im Geisslerrohre unter den geschilderten Bedingungen weniger Linien als im Bogen- und Funkenspectrum auftreten, indem mehrere schwache Linien, welche den letztgenannten Spectren angehören, fehlen.

Während sich der Charakter und die Zahl der Linien des Quecksilberspectrums im Geisslerrohre ohne Flaschen nur sehr wenig ändern, wenn die Temperatur des Rohres und damit der in demselben herrschende Druck gleichmässig gesteigert wird [2]) (was wir durch Erwärmen der Rohre in einem geeigneten Luftbad bis 400° C. und darüber durchführten), verhält sich die Sache anders, wenn man den Funken durch Einschalten von Leydenerflaschen verstärkt.

Das Auftreten der Hauptlinien im Vergleiche mit Bogen- und Funkenspectrum erleidet zwar keine Veränderung, wohl aber ist ein reichlicher Linienzuwachs zu constatieren, wobei dann das Spectrum der Capillare erhitzter quecksilberhältiger Geisslerrohre linienreicher als das Bogen- und Funkenspectrum des Quecksilbers ist, welch letzteres wiederum mehr als das Bogenspectrum aufweist. Während durch Anwendung von starken Inductorien mit eingeschalteten Leydenerflaschen und Gleich- oder Wechselstrom in der Capillare der Geisslerrohre ein linienreiches Spectrum auftritt, zeigt sich unter diesen Umständen im weiten Theile der Röhren häufig das linienärmste Spectrum, mitunter ist demselben (wenn man wenig oder kleine Leydenerflaschen eingeschaltet hatte) auch das Bandenspectrum fragmentarisch beigemengt. In allen den geschilderten Fällen wächst die Linienzahl mit der Temperaturerhöhung in der Capillare und daher bis zu einem gewissen Grade mit der Vermehrung der Leydenerflaschen. Die Versuche in gleichmässig erhitzten Röhren, bei denen wir die Temperatur des Luftbades auf ca. 600° C. steigerten, konnten nur in zugeschmolzenen Glasröhren durchgeführt werden, da die Röhren mit eingeschliffenen Quarzpfropfen oder aufgekitteten Quarzplatten, wie wir selbe zur Untersuchung des ultravioletten Theiles des Spectrums benützten, dem starken Erhitzen nicht Stand halten [3]).

Wir haben deshalb die Erscheinungen, welche in solchen Röhren auftreten, nur insoweit verfolgen können, als es die Glasabsorption gestattet.

Bei diesen Versuchen ist eine bedeutende Steigerung der Helligkeit im Geisslerrohre zu beobachten, worauf bereits Dr. Natterer aufmerksam machte. Besonders, wenn das Rohr nicht gleichmässig erhitzt

---

[1]) Dies geschieht am besten in der Weise, dass man das Rohr in ein geeignetes Luftbad einlagert.

[2]) Über die Tension des Quecksilberdampfes bei verschiedenen Temperaturen vergl. insbesondere: W. A. Kahlbaum: «Spannkraft-Messungen», Basel 1894 (pag. 65); ferner Landolt und Börnstein: «Chemisch-physikalische Tabellen», 2. Aufl. (pag. 67). — Die Tension des Quecksilberdampfes bei 10° C. ist gleich 0·0005 *mm*, bei 50° C. = 0·013 *mm*, bei 100° C. = 0·285 *mm* (Hertz), bei 121° C. = 1 *mm*, bei 149° C. = 3 *mm*, bei 162·5° C. = 5 *mm*, bei 182·7° C. = 10 *mm*, bei 194·6° C. = 15 *mm*, bei 203·4° C. = 20 *mm*, bei 220·4° C. = 35 *mm* (Kahlbaum), bei 400° C. = 1588 *mm*, bei 500° C. = 6520 *mm*, (Regnault).

[3]) Vacuumröhren, welche mit Gasen, zum Beispiel H, unter sehr geringem Drucke (einige Millimeter) gefüllt sind und überdies etwas Quecksilber enthalten, lassen den Flaschenfunken durch. Das Quecksilberspectrum, das in solchen Röhren auftritt, ist dann dasjenige der Geisslerrohrspectren in reinen Quecksilbervacuumröhren, welchen sich aber mehrfach Linien des Funkenspectrums (s. Tabelle, Rubrik 3) beimengen.

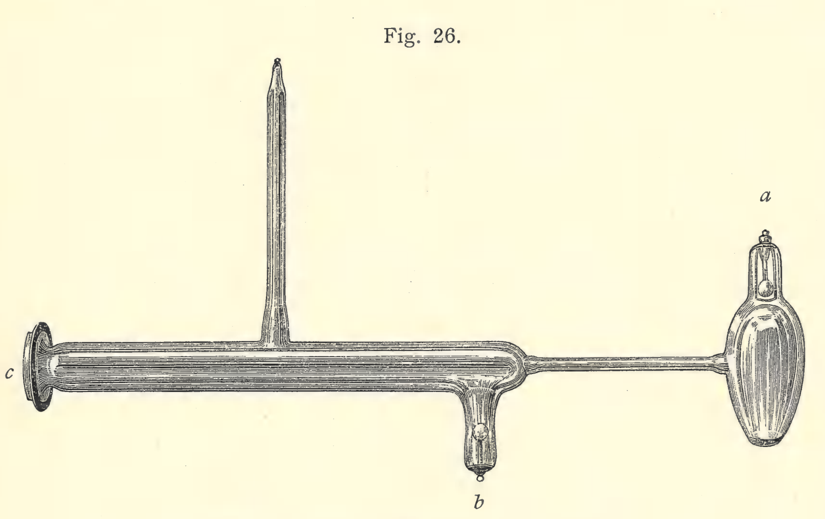
wird, tritt eine enorme Steigerung der Helligkeit ein und nicht nur die Capillare selbst erstrahlt im blendend weissen Lichte, sondern auch der weitere Theil des Rohres erscheint mitunter von leuchtenden weisslichen Flammenbändern durchzogen. Betrachtet man diese Erscheinung mit einem Taschenspectroskope, so wird man ein, namentlich im gelbgrünen und grünblauen Theile linienreiches und kaum auflösbares Spectrum erkennen.

Wie uns zahlreiche Versuche zeigten, tritt dieses Spectrum am deutlichsten und besten ausgebildet stets dann hervor, wenn der Funke eines kräftigen, mit einer Anzahl von grossen Leydenerflaschen verstärkten Inductoriums durch die Capillare eines Geisslerrohres schlägt, durch welche Quecksilber bei geringem Drucke destilliert.

Diese Beobachtung führte uns dazu, Geisslerrohre von der in nachstehender Figur (Fig. 26) abgebildeten Form zu verwenden.

In *a* befindet sich eine retortenartige Erweiterung, welche einige Tropfen Quecksilber enthält, daran schliesst sich die ziemlich enge Cappillarröhre, an welche sich die lange und entsprechend weite Röhre mit der Elektrode (*b*) anschliesst, deren Ende (*c*) mit einer aufgekitteten planparallelen Quarzplatte[1]) verschlossen ist. Erhitzt man nun das vollkommen evacuierte Rohr unter *a*, so verflüchtigt sich das Quecksilber und destilliert durch die Capillare nach dem weiten Rohre, in welchem die vollkommene Condensation der Dämpfe erfolgt. Es herrscht also in dem Rohre fast kein Druck. Lässt man nun einen kräftigen Flaschenfunken durchschlagen und erhitzt die Capillare, so erstrahlt dieselbe in glänzend weissem Lichte und man erhält ein Spectrum, welches aus ungemein zahlreichen scharfen Linien besteht (s. Taf. IX, Fig. 8). Die oben beschriebene Einrichtung des mittelst Quarzplatte verschlossenen Geisslerrohres gestattete uns, dieses Spectrum sowohl im sichtbaren als im ultravioletten Theile zu photographieren. Wir haben diese Spectren ausgemessen und die Resultate dieser Messungen in die beifolgende Tabelle (Rubrik 5) aufgenommen. Dasselbe enthält alle Haupt- und Nebenlinien des Funken- und Bogenspectrums scharf und deutlich ausgebildet, dazwischen tritt aber eine Reihe von kräftigen Linien auf, welche sonst in diesen letzteren Quecksilberspectren nicht zu constatieren sind (vergl. die Tabelle).

Fig. 26.



Vacuumröhren mit Destillationseinrichtung.

Im weiten Theile des Rohres tritt unter diesen Umständen und wenn sich die Elektrode knapp hinter der Capillare befindet, nur das einfache Linienspectrum auf, dagegen kommt das Bandenspectrum dort zum Vorschein, wo die Elektrode etwas weiter von der Capillare entfernt ist.

Die Erscheinung des linienreichen vollkommenen Linienspectrums in der Capillare ist an die Verwendung von sehr grossen oder vielen kleinen Leydenerflaschen gebunden. Schaltet man diese gänzlich aus, so tritt in der Capillare sofort das Bandenspectrum (s. pag. 150) auf, während bei nur theilweisem Ausschalten der Flaschen das Linienspectrum, mit Resten des Bandenspectrums vermengt, in der Capillare auftritt. Unseren Versuchen zufolge entsteht also das vollkommenste linienreichste

---

[1]) Senkrecht zur Axe geschnitten.

«Linienspectrum» des Quecksilbers bei den höchsten bisher verwendeten Temperaturen und kleinstem Drucke in Geisslerröhren, wenn ein kräftiger Flaschenfunke während der Destillation des Quecksilbers durch die Capillare durchschlägt. Das Phänomen tritt am schönsten bei Verwendung eines kräftigen Stromes (Gleichstrom oder Wechselstrom) auf, doch kann es leicht geschehen, dass die Aluminiumelektroden infolge der hohen Temperatur ins Glühen gerathen, abschmelzen und nicht selten die Röhren an den Stellen, woselbst die Drähte eingeschmolzen sind, weich werden und rasch zugrunde gehen. Wir haben von diesem linienreichsten Quecksilberspectrum, welches vor uns noch niemals beschrieben worden ist, beiläufig 600 Linien genau ausgemessen und ihre Wellenlänge bestimmt (s. Tabelle); jedoch ist die Zahl der überhaupt vorhandenen Quecksilberlinien hiermit keineswegs erschöpft.

Linienspectrum des Quecksilbers (bezogen auf Rowland's Normalspectrum).

Für die hellsten Linien ist $i = 10$, für die schwächsten ist $i = 1$ gesetzt.

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken[1]			Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke[2]		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung		λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
Roth	—	—		6363·5	2		6360 Huggins	—	—		6363·5	1		6363·5	2	
	—	—		6152·3	9		6151·2 Thalén	—	—		6152·3	6		6152·3	9	
Orange	—	—		5889·1	6		5888·1 „	—	—		5889·1	4	durchwegs scharfe Linien	5889·1	8	
	—	—						—	—		—	—		5880·5	2	
	—	—		5872·1	6		5871·1 „	—	—		5872·1	6		5872·1	8	
Gelb	—	—		—	—			—	—		—	—		5864·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5854·5	1	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		5840·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5834·0	3	
	5819·1	1	unscharf	5819·1	1			—	—		5819·1	1		5819·1	4	
	5804·3	3	unscharf nach Roth	5804·3	1			—	—		5804·3	1		5804·3	10	
	5790·5	10	umgekehrt	5790·5	10	etwas verbreitert	5789·6 „	5790·5	10	scharf	5790·5	10	verbreitert	5790·5	2	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		5781·9	1	
	5769·5	10	„	5769·5	10	„	5768·1 „	5769·5	10	„	5769·5	10	verbreitert gegen Violett	5769·5	10	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5746·6	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5727·7	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5717·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5713·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5699·0	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5695·7	1	
	—	—		5679·1	8	„	5678·1 „	—	—		5679·1	8	mässig verbreitert	5679·1	10	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		5665·8	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5662·5	3	
	—	—		—	—			—	—		5637·8	1	mässig verbreitert	5637·8	7	
	—	—		5596·0	1		5595·1 „	—	—		5596·0	6	mässig verbreitert	5596·0	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5587·9	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5576·2	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5571·2	8	

[1]) Je stärker der Druck, desto mehr verbreitern sich die meisten Linien, so dass viele derselben fast bis zur Unkenntlichkeit verschwimmen.

[2]) Bei ungenügend starkem Strom oder zu geringem Erhitzen entwickelt sich das Spectrum nicht vollkommen, sondern nähert sich dem linienärmeren Spectrum der vorhergehenden Spalten.

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'-schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Gelb	—	—		—	—			—	—		5553·6	2	mässig verbreitert	5553·6	4	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		5541·0	1	mässig verbreitert	5541·0	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5513·4	3	sehr verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		5501·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5490·0	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5484·6	4	wahrscheinlich doppelt
	—	—		—	—			—	—		—	—		5476·3	4	
	5461·0	10	umgekehrt	5461·0	10	verbreitert	5460·6 Thalén	5461·0	10	scharf	5461·0	10	stark verbreitert	5461·0	10	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		5455·0	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5449·9	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5443·2	3	
	—	—		5426·5	8	ziemlich scharf	5426·1 „	—	—		5426·5	8	mässig verbreitert	5426·5	10	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		5416·9	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5398·5	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5393·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5384·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5373·2	3	
Grün	5365·3	—	sehr unscharf	5365·5	4	ziemlich scharf	5364·6 „	—	—		5365·5	4	mässig verbreitert	5365·5	2	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		5360·6	1	nebelig
	—	—		—	—			—	—		—	—		5355·5	1	nebelig
	—	—		—	—			—	—		—	—		5352·4	1	nebelig
	—	—		—	—			—	—		—	—		5346·3	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5334·3	2	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		5311·7	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5308·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5294·7	2	
	—	—		—	—			—	—		5288·7	1	mässig verbreitert	5288·7	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5284·2	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5281·5	5	
	—	—		5279·3	2	ziemlich unscharf	5278·6 „	—	—		5279·3	2	mässig verbreitert	5279·3	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5275·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5273·7	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5454·0	2	
	—	—		—	—			—	—		5242·8	1	mässig verbreitert	5242·8	7	
	—	—		—	—			—	—		5233·8	1	mässig verbreitert	5233·8	4	
	—	—		5218·0	2	ziemlich unscharf	5217·2 „	—	—		5218·0	2	mässig verbreitert	5218·0	7	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5211·2	4	
	—	—		5207·0	4	ziemlich unscharf	5206·2 „	—	—		5207·0	4	mässig verbreitert	5207·0	7	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5196·6	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5190·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5187·5	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5172·4	2	verschwommen
	—	—		—	—			—	—		5163·2	1	mässig verbreitert	5163·2	4	
	—	—		—	—			—	—		5149·2	1	mässig verbreitert	5149·2	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5141·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5135·6	5	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Grün	—	—		5132·0	4		5131·2 Thalén	—	—		—	—		5132·0	7	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5113·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5107·3	3	
	—	—		—	—			—	—		5101·5	1	verbreitert, verschwommen	5102·9	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5100·5	1	verbreitert, verschwommen
	—	—		—	—			—	—		—	—		5098·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5086·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5083·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5073·6	2	
	—	—		—	—			—	—		5068·2	1		5068·2	7	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5062·6	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5058·4	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5051·8	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5048·4	2	
	—	—		—	8			—	—		5047·0	1	verschwommen, wahrscheinlich doppelt			
	—	—		—	—			—	—		—	—		5045·7	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5042·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5038·3	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5027·1	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5020·9	2	
	—	—		—	4			—	—		—	—		5018·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		5008·6	2	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4992·5	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4986·7	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4981·3	3	
	—	—		—	—			—	—		4974·0	1	verbreitert	4974·0	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4970·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4965·4	1	sehr schwach
	4959·7	3	unscharf	4959·7	6		4958·1 „	—	—		4959·7	6	mässig verbreitert	4959·7	4	sehr stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4949·4	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4943·4	1	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4933·0	2	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4917·9	2	
Blau	4916·4	5	„	4916·4	4		4916·1 „	4916·1	2	verschwindet in weiten Röhren oft ganz	4916·4	4	mässig verbreitert	4916·4	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4913·0	2	
	—	—		—	—			—	—		4902·1	1	mässig verbreitert	4902·1	4	„
	—	—		—	—			—	—		4896·7	1	verschwommen	4898·3	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4895·8	2	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4880·2	1	
	—	—		—	—			—	—		4866·9	1	verschwommen	4869·9	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4867·3	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4864·8	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4856·6	3	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4849·4	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4844·6	2	scharf

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Blau	—	—		—	—			—	—		4841·3	1	verschwommen	4841·3	4	
	—	—		4826·0	1	undeutlich		—	—		4826·0	4	mässig verbreitert	4826·0	8	
	—	—		—	—			—	—		4813·0	2	mässig verbreitert	4813·0	4	
	—	—		—	—			—	—		4797·4	2	mässig verbreitert	4797·4	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4773·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4768·1	6	
	—	—		—	—			—	—		4753·4	1	verschwommen wahrscheinlich doppelt	4753·4	3	
	—	—		—	—			—	—		4744·7	1	verschwommen	4744·7	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4740·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4729·9	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4697·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4689·1	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4687·0	1	sehr schwach
	—	—		—	—			—	—		—	—		4681·6	2	verschwommen
	—	—		—	—			—	—		—	—		4667·5	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4664·2	1	
	—	—		—	—			—	—		4661·0	1	verschwommen	4661·0	7	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4651·7	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4647·8	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4639·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4637·0	2	einseitig abschattiert
	—	—		—	—			—	—		4635·9	1	undeutlich	4635·9	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4634·2	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4630·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4626·2	2	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4620·5	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4616·5	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4604·8	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4602·9	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4600·7	2	
	—	—		—	—			—	—		4598·2	1	„	4598·2	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4593·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4587·1	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4580·1	1	undeutlich
	—	—		—	—			—	—		—	—		4578·2	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4576·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4571·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4568·8	2	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4562·3	2	
	—	—		—	—			—	—		4556·7	2	stark verbreitert, wahrscheinlich doppelt			
	—	—		—	—			—	—		—	—		4553·8	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4547·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4544·2	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4541·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4539·9	1	verschwommen

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Blau	—	—		—	—			—	—		—	—		4537·7	2	verschwommen
	—	—		—	—			—	—		—	—		4534·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4532·7	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4530·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4525·1	1	
	—	—		—	—			—	—		4522·9	1	verbreitert	4522·9	6	scharf
	—	—		—	—			—	—		—	—		4518·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4516·4	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4511·5	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4507·2	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4505·0	1	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4499·8	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4498·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4495·0	1	scharf
	—	—		—	—			—	—		—	—		4493·2	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4491·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4490·3	3	
	—	—		—	—			—	—		4486·8	3	scharf	4486·8	8	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4483·7	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4480·7	1	
	—	—		—	—			—	—		4470·5	1	„	4470·5	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4466·7	2	verschwommen
	—	—		—	—			—	—		—	—		4464·2	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4461·5	1	undeutlich
	—	—		—	—			—	—		—	—		4459·3	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4454·1	2	verschwommen
	—	—		—	—			—	—		4450·7	1	verschwommen	4450·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4446·4	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4435·8	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4434·2	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4431·6	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4425·9	8	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4422·2	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4420·6	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4416·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4415·4	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4414·0	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4412·1	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4408·4	1	
	—	—		—	—			—	—		4401·5	2	mässig verbreitert	4401·5	10	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		4391·9	1		4391·9	10	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		4385·7	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4382·9	8	
	—	—		—	—			—	—		4378·7	1	verbreitert	4378·7	8	
	—	—		—	—			—	—		4376·1	1	„	4376·1	10	
	—	—		—	—			4372·6	1	verbreitert				4372·6	2	verschwommen
	—	—		—	—			—	—		—	—		4369·6	1	
Indigo	4358·6	10	umgekehrt	4358·6	10	stark verbreitert	4358·1 Thalén 4358·0 H. u. A.	4358·6	10	„	4358·6	10	verbreitert	4358·6	10	„

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Indigo	4347·7	5	verbreitert	4347·7	5	ist mit der vorigen Linie durch ein schwaches continuierliches Spectrum verbunden	4348·0 H. u. A.	4347·7	5	verbreitert sich bei steigernder Temperatur	4347·7	5	mässig verbreitert	4347·7	10	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4344·2	2	
	4339·5	4	„	4339·5	3		4341·0 „	4339·5	3	verbreitert sich bei steigernder Temperatur	4339·5	4	mässig verbreitert	4339·5	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4336·9	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4333·4	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4329·1	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4327·2	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4324·7	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4320·4	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4318·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4315·8	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4314·2	4	
	—	—		—	—			—	—		4313·5	1	verbreitert nach Violett	4312·9	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4310·3	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4308·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4306·6	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4305·5	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4304·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4301·7	2	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4300·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4297·6	5	
	—	—		—	—			—	—		4295·3	2	verbreitert, wahrscheinlich doppelt	4292·3	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4290·1	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4288·2	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4285·1	6	wahrscheinlich doppelt
	—	—		—	—			—	—		4282·7	2	verbreitert	4282·7	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4276·7	3	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4270·1	3	
	—	—		—	—			—	—		4264·2	2	„	4264·2	8	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		4261·6	2	„	4261·6	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4259·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4257·6	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4256·4	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4255·2	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4252·7	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4249·2	2	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4248·9	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4237·7	5	
	—	—		—	—			—	—		4234·5	1	nebelig	4234·5	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4232·8	4	
	—	—		—	—			—	—		4230·1	1	„	4230·1	7	
	—	—		—	—			—	—		4227·4	1	„	4227·4	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4225·4	2	
	—	—		—	—			—	—		4221·6	1	wenig verbreitert	4221·6	6	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
	—	—		—	—			—	—		—	—		4219·4	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4218·6	2	
	—	—		4216·8	1	verschwommen		—	—		4216·8	8	scharf	4216·8	10	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		4211·8	1	sehr scharf	4211·8	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4206·6	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4200·8	1	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4199·1	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4196·8	6	
	—	—		—	—			—	—		4192·4	1	stark verbreitert	4192·4	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4186·0	7	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4183·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4181·5	1	
	—	—		—	—			—	—		4178·5	1	„	4178·5	8	stark einseitig verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4175·9	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4169·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4167·8	1	
Indigo	—	—		—	—			—	—		—	—		4165·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4164·6	1	
	—	—		—	—			—	—		4162·0	1	verschwommen	4162·0	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4157·1	4	
	—	—		—	—			—	—		4155·1	1	verschwommen und verbreitert	4155·1	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4149·5	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4148·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4145·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4143·7	1	
	—	—		—	—			—	—		4140·5	1	undeutlich	4140·5	7	
	—	—		—	—			—	—		4134·9	1	„	4134·9	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4132·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4124·3	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4123·0	1	
	—	—		4120·9	1	verschwommen		—	—		4120·9	4	scharf	4120·9	8	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4117·5	3	
	—	—		4115·3	1			—	—		4115·3	3	ziemlich scharf	4115·3	8	
	—	—		4109·1	1			—	—		4109·1	2	mässig verbreitert	4109·1	6	
	—	—		—	—			—	—		4106·9	1	undeutlich	4106·9	6	
	—	—		—	—			—	—		4104·1	1	verschwommen	4104·1	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4098·0	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4096·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4093·1	2	
Violett	—	—		—	—			—	—		—	—		4091·8	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4088·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4086·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4084·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4083·1	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4080·7	1	
	4078·1	7	umgekehrt	4078·1	4		4077 H. W. V. 4077·5 H. u. A.	4078·1	4	mässig verbreitert	4078·1	4	mässig verbreitert	4078·1	10	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4077·0	5	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Violett	—	—		—	—			—	—		—	—		4073·6	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4069·8	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4066·7	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4062·5	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4061·8	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4061·0	4	
	—	—		—	—			4057·9	2		4057·9	2	ziemlich scharf	4057·9	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4056·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4054·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4053·5	4	
	4046·8	5	umgekehrt	4046·8	10	stark verbreitert	4046 H. W. V. 4046·5 H. u. A.	4046·8	10	verbreitert sich leicht bei steigernder Temperatur	4046·8	10	verbreitert	4046·8	10	stark verbreitert
	—	—		4040·7	1			—	—		4040·7	2	stark verbreitert	4040·7	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4037·5	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4035·3	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4033·0	7	verbreitert
	—	—		4030·9	1			—	—		4030·9	2	scharf	4030·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4029·9	3	
	—	—		4024·4	1	sehr verbreitert, nebelig		—	—		4024·4	3		4024·4	8	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		4022·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4021·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4020·1	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4014·8	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4013·7	6	"
	—	—		—	—			—	—		—	—		4011·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4010·0	1	
	—	—		—	—			—	—		4006·0	1	verbreitert	4006·0	8	"
	—	—		—	—			—	—		—	—		4003·5	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		4001·8	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3999·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3999·2	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3998·2	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3996·8	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3995·8	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3993·8	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3989·8	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3988·8	1	
Ultraviolett	3984·1	4		3984·1	8		3983 H. W. V. 3984·0 H. u. A.	—	—		3984·1	8	"	3984·1	10	sehr verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		3978·8	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3976·5	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3971·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3970·3	1	
	—	—		—	—			—	—		3967·9	1	undeutlich	3967·9	8	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		3964·9	1		3964·9	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3962·9	5	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		3961·4	2		3960·2	5	"
	—	—		—	—			—	—		—	—		3954·7	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3951·1	2	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Ultraviolett	—	—		—	—			—	—		—	—		3950·2	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3948·3	7	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		3945·2	1	nebelig, verbreitert	3945·2	6	
	—	—		—	—			—	—		3942·3	1	,,	3942·3	8	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3939·6	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3936·7	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3931·7	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3930·3	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3928·1	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3925·5	8	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		3922·0	7	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3918·9	7	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3916·4	5	
	—	—		3914·5	1			—	—		3914·5	2	mässig verbreitert	3914·5	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3911·1	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3909·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3908·9	2	
	3908·4	1	sehr unscharf	3906·6	1			3906·6	1		3906·6	2	ziemlich scharf	3906·6	4	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		3904·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3903·7	3	
	—	—		—	—			—	—		3902·1	1	stark verbreitert	3902·1	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3901·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3900·1	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3899·0	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3897·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3896·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3895·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3887·3	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3883·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3882·0	1	undeutlich
	—	—		—	—			—	—		—	—		3881·1	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3878·0	1	
	—	—		—	—			—	—		3875·1	1	verschwommen	3875·2	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3874·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3873·6	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3870·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3869·3	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3864·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3863·4	1	
	—	—		3859·9	3	verbreitert nach Violett	3859·0 H. u. A.	—	—		3859·9	3	stark verbreitert, unscharf nach Violett	3860·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3857·5	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3856·6	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3851·2	2	
	—	—		—	—			—	—		3845·1	1	undeutlich	3845·1	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3843·2	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3842·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3840·5	2	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Ultraviolett	—	—		3839·4	1	verschwommen	3840 H. W. V.	—	—		3839·4	2	mässig verbreitert	3839·4	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3837·8	2	verbreitert, wahrscheinlich doppelt
	—	—		—	—			—	—		—	—		3835·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3834·6	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3833·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3832·6	2	
	—	—		—	—			—	—		3829·5	1	verbreitert, nebelig	3829·6	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3829·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3826·8	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3822·7	2	
	3820·6	1	sehr unscharf	3820·6	3		3820 „ 3820·0 H. u. A.	—	—		3820·6	4	sehr stark verbreitert	3820·6	2	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		3817·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3816·3	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3814·2	1	verschwommen
	—	—		—	—			—	—		—	—		3812·7	2	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3811·5	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3811·1	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3810·4	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3809·0	4	
	—	—		3807·6	1	„	3807·0 „	—	—		3807·6	3	verschwommen	3807·6	4	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		3803·6	4	
	—	—		3801·5	1	„	3800·0 „	—	—		3801·5	2	mässig verbreitert	3801·5	4	
	—	—		—	—			—	—		3797·6	1	„	3797·6	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3795·8	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3792·7	1	
	3790·4	2		3790·4	8		3791 H. W. V. 3790·0 H. u. A.	—	—		3790·4	8	stark verbreitert	3790·4	3	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3788·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3787·2	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3786·3	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3784·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3783·8	1	sehr schwach
	—	—		—	—			—	—		—	—		3782·5	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3780·8	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3779·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3776·5	3	verschwommen
	—	—		—	—			—	—		3774·3	8	undeutlich	3774·3	8	sehr verbreitert
	3770·7	2	„	3770·7	3		3773 H. W. V. 3770·0 H. u. A.	—	—		3770·7	3	stark verbreitert	3770·7	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3762·2	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3759·9	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3757·3	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3756·6	1	
	—	—		3755·0	1	„	3753 H. W. V. 3754·7 H. u. A.	—	—		3755·0	1	verbreitert, sehr undeutlich	3755·5	1	verbreitert, nebelig
	—	—		—	—			—	—		—	—		3752·5	2	
	3751·8	4	verbreitert	3751·8	4		3751·0 „	—	—		3751·8	4	stark verbreitert	3751·8	3	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Ultraviolett	—	—		—	—			—	—		—	—		3750·9	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3747·5	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3743·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3742·6	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3741·7	1	undeutlich
	—	—		—	—			—	—		—	—		3740·7	1	scharf
	—	—		—	—			—	—		—	—		3738·9	1	undeutlich
	—	—		—	—			—	—		—	—		3735·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3729·5	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3726·9	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3726·3	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3724·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3718·0	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3715·5	3	verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		3712·9	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3711·2	1	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3709·6	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3708·2	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3707·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3707·0	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3705·7	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3704·9	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3704·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3703·4	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3702·4	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3701·4	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3698·6	2	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3695·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3691·8	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3690·0	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3689·2	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3688·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3685·2	6	
	3680·7	4	verbreitert	3680·7	4		3681·9 H. u. A.	—	—		3680·7	4	unscharf gegen Roth	3680·7	6	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3665·4	3	
	3663·3	5	umgekehrt	3663·3	9	starkes Triplet auf continuierlichen grünen Linien verbreitert	3662·9 „	3663·3	9	scharfes Triplet	3663·3	9	ziemlich scharfes Triplet	3663·3	10	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—		—	—		3661·4	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3659·4	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3656·4	1	
	3654·9	5	„	3654·9	8		3654·4 „	3654·9	8		3654·9	8		3654·9	8	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3651·9	3	
	3650·3	10	„	3650·3	10		3650 H. W. V.	3650·3	8		3650·3	8		3650·3	10	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3644·5	5	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3642·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3638·5	5	
	—	—		—	—			—	—		3633·5	1	ziemlich scharf	3633·5	3	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3632·5	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3630·3	5	„
	—	—		—	—			—	—		—	—		3627·6	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3623·4	1	sehr scharf
	—	—		—	—			—	—		—	—		3620·0	1	
	—	—		3618·6	1			—	—		—	—		3618·6	5	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Ultraviolett	—	—		—	—			—	—		—	—		3616·0	2	
	—	—		3613·7	4			—	—		—	—		3613·7	4	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3610·7	1	
	—	—		—	—			—	—		—	—		3609·1	1	
	—	—		3607·6	1			—	—		—	—		3607·6	5	
	—	—		3604·2	1			—	—		—	—		3604·2	2	
	—	—		3594·7	1			—	—		—	—		3594·7	3	
	—	—		3593·2	1			—	—		—	—		3593·2	3	
	—	—		3590·9	1			—	—		—	—		3590·9	1	
	—	—		3577·7	1			—	—		—	—		3577·7	2	
	3561·5	4	unscharf	3561·5	6		3560·1 H. u. A.	3561·5	8		3561·5	8	verbreitert	3561·5	5	[1]
	—	—		—	—			—	—		—	—		3549·6	1	
	3543·7	4	„	3543·7	6		3542·3 „	3543·7	6		3543·7	6	„	3543·7	5	verbreitert
	—	—		—	—			—	—					3533·5	2	„
	—	—		3518·0	1			—	—		Von da ab nicht weiter beobachtet			3518·0	1	„
	—	—		—	—			—	—					3500·1	1	
	—	—		3494·5	1	verschwommen, verbreitert	3492·6 „	—	—					3494·5	1	„
	—	—		3473·6	1		3473·4 „	—	—					3473·6	1	
	—	—		—	—			—	—					3456·3	1	
	—	—		3451·8	2		3451·4 „	—	—					3451·8	2	
	—	—		—	—			—	—					3440·6	1	
	—	—		—	—			—	—					3437·1	1	
	—	—		—	—			—	—					3434·7	1	
	—	—		—	—			—	—					3431·7	2	stark verbreitert
	—	—		—	—			—	—					3423·5	1	
	—	—		—	—			—	—					3414·9	1	
	—	—		—	—			—	—					3410·0	1	
	—	—		—	—			—	—					3407·1	1	
	—	—		—	—			—	—					3396·1	1	
	3390·5	3	„	3390·5	8		3389·5 „	3390·5	6					3390·5	5	verbreitert
	—	—		—	—			—	—					3386·6	1	scharf
	—	—		3371·3	1			—	—					—	—	
	3367·0	1	„	3366·7	1	verschwommen	3365·5 „	3366·7	1					3366·7	2	unscharf
	3351·5	4	verbreitert	3351·5	4		3351·2 „	3351·5	1					3351·5	4	
	3341·7	5	„	3341·7	8		3341·2 „	3341·7	8					3341·7	6	
	—	—		3330·9	1	„	3326·4 „	—	—					—	—	
	—	—		—	—			—	—					3320·5	1	
	3305·2	6	„	3305·2	2			—	—					3305·2	1	
	—	—		3278·5	2			3278·5	1					3278·5	2	
	3264·3	1		3264·3	5			3264·3	2					3264·3	2	
	—	—		3227·5	3			—	—					3227·5	2	
	—	—		3208·4	4		3207·1 „	3208·4	4					3208·7	3	
	—	—		—	—			—	—					3207·7	1	
	—	—		3158·5	1			—	—					—	—	
	3144·6	2	unscharf	3144·6	2	„		—	—					3144·6	3	etwas verbreitert
	3135·9	2	„	—	—			—	—					3135·9	1	verschwommen

[1]) Von da ab erfolgte die Beobachtung der in der 5. Rubrik angeführten Spectren nicht mehr in zugeschmolzenen Glasröhren, sondern in Vacuumröhren mit Quarzplattenverschluss. Hierbei ist es schwierig, die Erhitzung rasch und stark genug vorzunehmen; deshalb konnten wir dieses Spectrum nicht zur vollkommensten Entwickelung bringen und es wird sich im Ultraviolett wohl noch linienreicher erhalten lassen. Die von hier ab folgenden Zahlen der Rubrik 5 schliessen sich deshalb vielleicht eher an das linienärmere Spectrum der vorhergehenden Rubrik (4) an.

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren: Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung		λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
Ultraviolett	3131·9	8	umgekehrt	—	—			—	—					—	—	
	3131·7	8	„	3131·8	10		3130·4 H. u. A.	3131·8	10					3131·8	5	
	3125·8	10	„	3125·8	10		3124·5 „	3125·8	10					3125·8	5	
	—	—		—	—			—	—					3116·5	1	
	—	—		—	—			—	—					3107·7	1	
	—	—		—	—			—	—					3096·0	2	
	3095·4	1	unscharf	3095·4	1	verschwommen, wahrscheinlich doppelt	3094·0 „	—	—							
														3093·3	1	
	—	—		—	—			—	—					3090·6	1	
	3085·4	1	„	3085·4	1	verschwommen		—	—					3085·4	1	sehr verschwommen
	3050·6	1	„	3051·0	1	„		—	—					3051·0	2	„
	3038·7	4	„	—	—			—	—					3038·7	2	scharf
	3027·6	2	„	—	—			3027·6	4					3027·6	2	
	—	—		—	—			3025·9	1					—	—	
	3023·7	2	„	—	—			3023·7	6					3023·7	2	
	3021·6	4	umgekehrt	3021·6	8	stark verbreiterte Linie	3021·0 „	3021·6	8	scharfe Liniengruppe				3021·6	3	
	3011·2	1	unscharf	—	—			—	—					3011·2	1	sehr verbreitert
	3007·0	2	verbreitert	3007·0	1	verschwommen		—	—					3007·0	2	„
	—	—		—	—			—	—					2972·8	1	scharf
	2967·4	10	umgekehrt	2967·4	10	verbreitert	2966·4 „	2967·4	10					2967·4	8	
	—	—		—	—			—	—					2955·3	1	
	—	—		—	—			—	—					2953·3	1	verschwommen
	—	—		2947·5	6		2946·6 „	2947·5	2					2947·5	3	
	—	—		—	—			—	—					2942·6	1	undeutlich
	—	—		—	—			—	—					2941·3	1	verschwommen
	—	—		2940·8	1	verschwommen		—	—					2939·8	1	
	—	—		2935·8	1		2935·5 „	—	—					2935·8	2	
	2925·5	8	verbreitert	2925·5	3	verbreitert gegen Roth	2925·2 „	2925·5	5					2925·5	7	
	—	—		2916·4	2		2915·3 „	2916·4	1					2916·4	3	
	—	—		—	—			—	—					2915·5	1	
	2893·7	5	„	2893·7	10	verbreitert	2892·9 „	2893·7	6					2893·7	7	
	—	—		2886·8	1			—	—					2886·8	1	„
	—	—		—	—			2882·2	1					2882·2	1	
	—	—		2873·3	2			—	—					2873·3	2	scharf
	2865·1	2	unscharf	2865·1	1	verschwommen		—	—					2865·1	2	stark verbreitert
	2857·1	4	„	2857·1	2			2857·1	3					2857·1	4	
	—	—		—	—			—	—					2852·0	1	
	2847·9	4	„	2847·9	10	verbreitert	2846·8 „	2847·9	6					2847·9	8	
	—	—		—	—			—	—					2842·0	1	sehr undeutlich
	—	—		—	—			—	—					2835·0	1	
	2835·3	1	„	2833·5	1	verschwommen	2832·1 „	—	—					2833·5	2	
	2820·0	4	„	2820·0	10	verbreitert	2819·7 „	2820·0	5					2820·0	4	verbreitert
	—	—		2806·5	2	sehr verschwommenes Triplet	2810·0 „	2806·5	2	scharf				2806·5	1	
	—	—		2804·4	2		2804·5 „	2804·4	3	„				2804·4	1	
	2803·7	4	„	2803·7	3			2803·7	5	„				2803·7	3	
	2799·8	1	„	2799·8	4		2798·5 „	—	—					2799·8	1	„

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Ultraviolett	—	—		2791·2	3		2790·0 H. u. A.	—	—					2791·2	3	
	—	—		—	—			—	—					2789·1	1	
	—	—		—	—			—	—					2784·6	1	
	—	—		—	—			—	—					2781·0	1	
	2774·7	4	unscharf	2774·7	4		2773·2 „	—	—					2774·7	2	
	—	—		—	—			—	—					2767·6	1	
	—	—		2762·2	3			—	—					2762·2	2	
	2759·8	5	„	2759·8	2		2760·8 „	2759·8	4					2759·8	2	
	2752·9	8	verbreitert	2752·9	8		2751·5 „	2752·9	8					2752·9	6	
	—	—		—	—			—	—					2741·3	1	sehr undeutlich
	—	—		2726·5	1			—	—					2726·5	1	
	—	—		2724·2	1			—	—					2724·2	1	
	—	—		2710·4	1			—	—					2710·4	1	
	—	—		2705·5	1			—	—					2705·5	1	
	—	—		2702·7	4		2702·0 „	—	—					2702·7	2	
	2699·7	2	sehr unscharf	—	—			2699·5	4					2699·5	3	
	2686·6	2	„	2686·7	4			—	—					2686·7	2	verbreitert
	2675·2	1	„	—	—			—	—					2675·2	1	
	2672·8	1	„	2672·8	1	undeutlich		—	—					2672·8	1	
	—	—		—	—			—	—					2664·5	1	
	2660·3	1	„	2660·6	1	„		—	—					2660·6	1	
	2658·6	1	„	2658·6	1	„	2657·6 „	—	—					2658·6	1	undeutlich
	2655·3	5	umgekehrt	2655·3	1	verschwommenes Band		2655·3	7	scharfes Triplet				2655·3	2	
	2653·9	5	„	2653·9	1			2653·9	7					2653·9	2	
	2652·2	8	„	2652·2	4		2652·2 „	2652·2	8					2652·2	3	
	2648·1	1	sehr unscharf	2648·3	1			—	—					2648·3	1	
	2642·7	3	„	2642·7	1	verschwommen	2644·6 „	—	—					2642·7	2	verbreitert
	—	—		—	—		2640·6 „	2640·5	3					2640·5	1	
	—	—		—	—			—	—					2629·0	1	sehr undeutlich
	—	—		—	—			—	—					2625·7	1	
	—	—		—	—			—	—					2614·8	1	
	2609·7	1	unscharf	2609·7	1			—	—					2609·7	2	
	2605·3	2	„	2605·3	2			—	—					2605·3	2	
	—	—		2603·1	2		2602·3 „	2603·1	2					2603·1	3	
	—	—		—	—			—	—					2598·3	1	„
	—	—		2584·7	2		2584·2 „	—	—					2584·7	2	
	2576·3	8	unscharf nach Roth	2576·3	6	verbreitert gegen Roth		2576·3	5					2576·3	3	
	—	—		2575·2	2		2575·3 „	—	—					2575·2	2	
	2564·1	1		2564·1	1			2564·1	1					2564·1	1	
	—	—		—	—			—	—					2561·4	1	
	—	—		2558·0	1	undeutlich		—	—					2558·0	1	
	2540·4	2	umgekehrt	2540·4	1	sehr schwach, verbreitert		—	—					2540·4	2	
	2536·7	10	„	2536·7	10	umgekehrt	2535·8 „	2536·7	6					2536·7	6	
	2534·9	7	„	2534·9	7		2533·8 „	2534·9	5					2534·9	3	
	2524·8	2	unscharf	2524·8	1	verschwommen	2522·7 „	—	—					2524·8	2	verbreitert
	—	—		2515·2	2		2514·3 „	—	—					2515·2	2	
	—	—		—	—			—	—					2507·2	1	sehr schwach
	2505·0	1	„	2505·0	1			—	—					2505·0	1	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Ultraviolett	—	—		—	—			—	—					2499·4	1	
	—	—		2492·2	5		2491·4 H. u. A.	2492·2	1					2492·2	3	scharf
	—	—		2490·2	3			—	—					2490·2	1	
	—	—		2483·9	1	sehr schwach, undeutlich	2484·2 „	2483·9	4	scharfes Triplet				2483·9	1	
	—	—		—	—			2482·9	4					2482·9	1	
	2482·1	4	unscharf	2482·1	1	verwaschene Streifen		2482·1	6					2482·1	2	
	2478·1	2	„	2478·5	1	verschwommen, vielleicht doppelt	2477·7 „	2478·8	1					2478·8	1	verschwommen
	—	—		—	—			2478·2	1					2478·2	1	
	—	—		2469·5	2			—	—					2469·5	1	
	—	—		2468·1	2		2468·0 „	—	—					2468·1	2	
	—	—		—	—		2467·0 „	—	—					—	—	
	2464·2	5	„	2464·2	4		2463·7 „	2464·2	4					2464·2	4	
	—	—		2459·6	1		2459·3 „	—	—					2459·6	1	
	2447·0	5	„	2447·0	1			2447·0	1					2447·0	2	
	—	—		2414·3	5		2414·3 „	2414·3	2					2414·3	4	
	2412·3	4	„	2412·3	1	sehr schwach, undeutlich		2412·3	1					2412·3	1	„
	—	—		2407·6	5		2407·3 „	2408·6	2					2407·6	4	
	2399·6	4	„	—	—			—	—					2399·6	2	
	—	—		2390·3	1		2390·0 „	—	—					2390·3	1	
	—	—		—	—			—	—					2380·1	1	sehr undeutlich
	2378·4	5	„	2378·4	2			2378·4	5					2378·4	3	
	2374·1	2	sehr unscharf	—	—			—	—					2374·1	1	undeutlich
	—	—		2369·3	3	verschwommen		—	—					2369·3	2	
	—	—		2354·3	3	„	2355·2 „	—	—					2354·3	1	scharf
	—	—		—	—			2353·6	1	verschwommen				2353·6	1	
	—	—		—	—			2352·6	1					2352·6	1	undeutlich
	2345·4	4	unscharf nach Roth	2345·4	2			2345·4	1					2345·4	2	
	—	—		2341·9	1	sehr schwach	2342·2 „	—	—					2341·9	1	
	—	—		2340·5	1	„	2340·0 „	—	—					2340·5	1	
	—	—		2339·7	2	verschwommen, wahrscheinlich doppelt		—	—					2339·3	3	
	—	—		2335·1	1			—	—					2335·1	1	sehr undeutlich
	—	—		—	—			—	—					2327·5	1	„
	—	—		—	—			—	—					2323·1	1	„
	—	—		2321·0	1	sehr schwach		—	—					2321·0	1	„
	—	—		2215·0	3		2315·2 „	—	—					2315·0	1	verbreitert
	2301·6	1	unscharf	—	—			2301·6	1					2301·6	1	
	—	—		2296·4	2		2296·5 „	—	—					2296·4	1	
	—	—		2292·0	1		2292·6 „	—	—					2292·0	2	verschwommen
	—	—		—	—			—	—					2284·0	1	
	—	—		2264·0	4	ziemlich scharfes Triplet	2264·2 „	2264·0	2					2264·0	2	stark verbreitert
	2262·2	4		2262·2	4		2263·3 „	2262·2	3					2262·2	2	
	2260·4	4		2260·4	4		2261·4 „	2260·4	3					2260·4	2	

Farbe	Bogenspectrum			Funkenspectrum zwischen Quecksilberelektroden bei Atmosphärendruck (Flaschenfunken)				Spectrum in quecksilberhaltigen Vacuumröhren								
								Bei hoher Verdünnung und 15 bis 80° C. (ohne Leydenerflasche)			In erhitzten Vacuumröhren (Temperatur 180 bis 400° C.) bei 10 bis 1000 *mm* Druck mit starken Flaschenfunken			Bei geringem Drucke Quecksilber in einseitig erhitzten Geissler'schen Röhren durch die stark erhitzte Capillare destilliert, wonach es andererseits rasch condensiert wird. Starker Flaschenfunke		
	Kayser und Runge			Eder und Valenta			Frühere Beobachter	Eder und Valenta								
	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung		λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
Ultraviolett	—	—		—	—			—	—					2258·6	1	undeutlich
	2252·9	2		2252·9	4		2254·0 H. u. A.	2252·9	2					2252·9	2	
	—	—		2244·1	1			—	—					2244·1	1	
	—	—		2230·0	1		2231·0 „	—	—					2230·0	2	
	2224·7	4		2224·7	6		2225·7 „	2224·7	3					3224·7	2	stark verbreitert
	—	—		2191·3	1		2190·9 „	—	—					2191·3	1	
	—	—		2150·6	1		2148·0 „	—	—					2150·6	1	

II. Bandenspectrum des Quecksilbers.

H. W. Vogel beschreibt das von ihm erhaltene Quecksilberspectrum im Geisslerrohre, welches jedoch nach unserer Ansicht bei seinen Versuchen nicht rein erhalten wurde (s. vorher), als ein Linienspectrum, in welchem Andeutungen schwach canellierter Banden vorhanden waren (bei $\lambda = 4216$, 4008, 3910); von denselben könnten vielleicht die beiden ersten weniger brechbaren mit unserem Bandenspectrum identisch sein (vergl. unsere vorherige Anmerkung); da jedoch die gut charakterisierte, von uns mit $\lambda = 4396$ (Kante) bestimmte, sowie die stark brechbare Quecksilberbande $\lambda = 3728$ (Kante) fehlt, dafür eine im reinen Bandenspectrum des Quecksilbers von uns nicht wiedergefundene Bande ($\lambda = 3910$ nach Vogel) von H. W. Vogel angeführt ist, so deutet dies darauf hin, dass das von demselben beobachtete Spectrum ein Mischspectrum war, welches vielleicht von Verunreinigungen herrührt, denn einige dieser Linien (s. pag. 132), sowie die Bande $\lambda = 3910$, fehlen in reinen Quecksilber-Geisslerröhren.

Es mangelten somit sichere Anhaltspunkte über die Existenz eines zweiten als «Bandenspectrum» zu bezeichnenden Quecksilberspectrums und wir bemühten uns, die Frage zu lösen, ob dem Quecksilber nur ein Linienspectrum zukomme oder ob, ähnlich wie Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel etc., der Quecksilberdampf ausser dem Linienspectrum noch ein zweites von diesem verschiedenes «Bandenspectrum» liefern könne.

Unseren Versuchen zufolge entsteht das Bandenspectrum am schönsten, wenn man durch destillierenden Quecksilberdampf in den pag. 134 beschriebenen und abgebildeten Röhren den Inductionsfunken ohne Leydenerflaschen durchschlagen lässt.

Man erhitzt zu diesem Zwecke den retortenartigen Theil des Geisslerrohres (Fig. 26) mittelst eines untergestellten Brenners und lässt, sobald das Quecksilber durch die Capillare überzudestillieren beginnt, den Funken eines kräftigen Inductoriums ohne Leydenerflaschen durchschlagen. Die Capillare erglänzt bei genügend kräftigem Strome in hellem, grünlichweissen Lichte, welches, mit dem Taschenspectroskop betrachtet, schwache Banden im Indigoblau und Violett erkennen lässt. In der Spectrumphotographie ist das Bandenspectrum ausserordentlich scharf und deutlich sammt allen seinen feinen Linien definiert, wie man es nach dem Anblicke, den es dem Auge gewährt, niemals erwarten sollte (s. heliographische Abbildung Fig. 9).

Sobald man Leydenerflaschen einschaltet, tritt das Bandenspectrum des Quecksilbers entweder gänzlich oder (bei weniger Flaschen) bis auf einige Reste zurück und an seine Stelle tritt das linienreiche

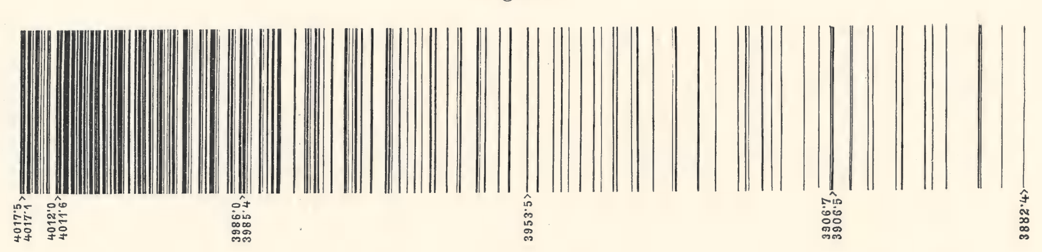
Spectrum, welches in der beigegebenen heliographischen Tafel (Fig. 8) abgebildet ist[1]). Schaltet man die Leydenerflaschen aus, so tritt sofort das Bandenspectrum wieder hervor.

Die vorliegenden Messungen geben ein klares Bild über die Beschaffenheit des von uns entdeckten zweiten neuen Quecksilberspectrums, dessen Linienbau nunmehr sichergestellt ist. Dieses Spectrum ist als ein Bandenspectrum zu bezeichnen, dessen sämmtliche von uns beobachteten Banden mit der intensiveren Kante gegen das weniger brechbare Ende zu liegen, während sie gegen das Ultraviolett allmählich schwächer werden und die Linien weiter auseinander liegen.

Bei langer Belichtung greifen die einzelnen Banden ineinander über. Von denselben liegt die erste im Cyanblau, die zweite und dritte im Indigo, die vierte im Violett am Anfange des Ultraviolett, die fünfte und die folgenden im Ultraviolett. Diese Banden bestehen aus zahlreichen äusserst scharfen Linien, welche häufig zu Triplets geordnet scheinen. In jeder einzelnen dieser Banden lassen sich je über hundert feine Linien erkennen; wir haben die Wellenlänge von mehr als 400 derartigen Linien bestimmt (s. Tabelle).

Wir haben es also hier mit keinen verwaschenen continuierlichen Banden zu thun, sondern mit Gruppen, welche aus hunderten von feinen Linien bestehen und den Eindruck canellierter Banden machen.

Fig. 27.



Die weniger brechbare Kante dieser Banden besteht meist aus einer Doppellinie, neben welcher sich feine Linien gegen Ultraviolett abschattieren; in knapper Nachbarschaft dieser Kante liegt eine zweite intensivere Kante, welche ihrerseits wieder aus einer Doppellinie besteht und an welche sich nun die zahlreichen anderen feinen Linien anschliessen. Diese beiden einander benachbarten Anfangskanten charakterisieren den Anfang jeder dieser Banden; wir haben diese Kanten mit α und β bezeichnet (s. Tabelle). Die obenstehende Fig. 27 zeigt eine dieser Quecksilberbanden zu Beginn des Ultraviolett, deren Kante mit der Doppellinie $\lambda = 4017{\cdot}5$ und $4017{\cdot}1$ beginnt; zur Orientierung haben wir in dieser Figur, welche mittelst Photographie nach der Vergrösserung eines unserer Photogramme hergestellt wurde, die Wellenlängen einiger Linien eingetragen.

Diese Figur (welche jedoch nicht alle in unserer Tabelle enthaltenen Linien vollständig enthält) gibt eine gute Vorstellung über den Linienbau dieser Banden. Es machen diese zweifachen, weniger brechbaren Anfangskanten der einzelnen Banden, von welchen die weiteren Liniengruppen sich gegen Ultraviolett abheben, den Eindruck, als ob jede Hauptbande aus zwei ineinander geschobenen benachbarten Nebenbanden gebildet würde.

Zwischen die schattierten Banden lagert sich mehr oder weniger intensiv das Linienspectrum des Quecksilbers, welches im Geisslerrohre bei Inductionsfunken (ohne Flaschen) entsteht und welches sich niemals ganz aus dem Bandenspectrum entfernen lässt.

Die Erkennung dieser Linien ist an der Hand unserer Tabelle des Linienspectrums übrigens leicht durchführbar.

---

[1]) Bei Anwendung von Wechselstrom tritt in der Capillare, wenn zahlreiche Flaschen eingeschaltet werden, das linienreichste Quecksilberspectrum (Fig. 8 der Tafel IX) auf, während im weiteren Theile unmittelbar hinter der Capillare gleichzeitig das Bandenspectrum sehr schön hervortritt; jedoch sind in diesem Falle dem Bandenspectrum mehr Linien des eigentlichen Linienspectrums beigemengt.

Bandenspectrum des Quecksilbers (bezogen auf Rowland's Normalspectrum).

Eder und Valenta			Eder und Valenta			Eder und Valenta			Eder und Valenta		
Farbe	λ	i	Farbe	λ	i	Farbe	λ	i	Farbe	λ	i
Grün	Kante α 4517·1	2 [1]	Indigo	4376·2	2	Indigo	4289·8	1	Violett	4197·0	3
	„ β 4514·3	2		4374·9	1		4282·3	1		4195·2	1
	4513·0	1		4374·5	1		4278·1	2		4194·4	2
	4510·5	2		(4372·6	3) [7]		4275·3	1		4192·8	1
	4508·7	2		4370·6	2		4266·5	1		4192·3	1
	4505·2	2		4369·4	1		4262·9	1		4191·6	2
	4502·5	2 [2]		4369·1	1		4260·6	1		4190·3	1
	4497·9	2		4368·3	1		4250·7	1		4189·1	2
	4495·4	1		4366·1	3		4246·1	1		4187·1	4
	4493·4	1 [3]		4364·0	2		4243·6	1		4185·9	2
	4489·3	3		(4358·6	10) [8]		4233·8	1 [12]		4185·1	2
	4487·2	3		4353·2	2	Violett	Kante {4218·9	3 [13]		4183·6	3
	4484·9	1		4352·6	2		4218·3	3		4181·3	3
	4478·8	3		4350·0	3		4218·0	1		4181·0	1
	4477·0	3		(4347·7	10) [9]		4217·6	2		4180·2	1
	4474·6	1		4344·0	2		4216·8	1		4179·7	2
	4465·5	3		4343·1	2		4215·9	1		4178·8	2
	4462·6	1		4340·6	3		4215·0	1		4177·2	3
	4451·4	2		(4339·5	10) [10]		„ β 4214·1	4		4175·0	4
	4448·8	1 [4]		4338·4	1 [11]		4218·0	4		4173·9	2
	4434·8	1 [5]		4336·8	2		4212·9	5		4172·5	3
	4433·4	1		4332·8	1		4212·1	1		4172·0	2
Indigo	„ {4396·3	3 [6]		4332·0	1		4211·2	4 [14]		4170·0	3
	4395·0	3		4330·6	2		4210·2	1		4169·1	1
	„ β {4393·2	4		4330·1	2		4209·1	3		4167·8	3
	4392·6	3		4328·7	3		4208·7	2		4167·2	1
	4391·5	2		4326·4	1		4207·6	2		4166·2	2
	4390·4	3		4321·1	1		4207·2	2		4164·8	3 [16]
	4389·4	3		4319·6	1		4206·7	1		4164·1	1
	4388·1	3		4318·0	2		4206·3	3		4162·1	3
	4386·5	4		4317·6	2		4205·5	2 [15]		4160·0	3
	4385·2	3		4215·2	1		4204·7	2		4157·9	2
	4384·4	3		4308·3	1		4203·5	1		4156·7	4
	4382·8	2		4307·3	1		4202·8	1		4155·0	1
	4382·0	2		4305·6	3		4201·9	2		4153·9	3
	4381·3	3		4303·2	1		4201‘3	2		4152·0	4
	4380·0	2		4294·8	2		4199·8	1		4149·0	1
	4378·3	2		4292·4	2		4198·6	1		4148·4	3
	4378·0	2		4291·2	2		4197·6	1		4145·2	1

[1] Erste Quecksilberbande; Anfangskante der gegen das stärker brechbare Ende abschattierten canellierten Bande. — Dieselbe ist von sämmtlichen Quecksilberbanden die am wenigsten vollkommen entwickelte und gibt kein deutliches Bild des Baues derselben.

[2] Vielleicht doppelt.

[3] Sehr schwach.

[4] Vielleicht doppelt.

[5] Sehr schwach.

[6] Durchwegs scharfe, feine Linien. — Diese starke Doppellinie blieb die Anfangskante der zweiten Bande, daneben tritt gewissermassen als zweite Kante eines eingelagerten, stärkeren und ausgedehnteren Nebenbandes die Doppellinie 4393 und 4392 auf.

[7] Ist eine dem Linienspectrum des Hg zukommende Linie, welche sich dem Bandenspectrum beigesellt.

[8] Sehr verbreitert; Hauptlinie des Linienspectrums; verdeckt wahrscheinlich einige feine Linien des Bandenspectrums.

[9] Sehr verbreiterte Hauptlinie des Linienspectrums; wie vorhin.

[10] Verbreiterte, sehr starke Linie; Hauptlinie des Linienspectrums des Hg.

[11] Vielleicht doppelt(?).

[12] Es folgen noch zahlreiche, sehr schwache Linien, welche sich bis zum Beginn der nächsten (dritten) Quecksilberbande erstrecken.

[13] Diese Doppellinie bildet die Anfangskante der dritten Quecksilberbande; ihr folgen mehrere feine Linien, dann beginnt mit einer kräftigen Doppellinie (4214, 4213) ein neues, unmittelbar darangelagertes Nebenband. Das ganze dritte Hauptband (das lichtstärkste der Quecksilberbanden) ist gegen das brechbare Ende abschattiert (canelliert), im selben Sinne, wie alle fünf Hg-Banden.

[14] Vielleicht doppelt(?).

[15] Ist wahrscheinlich doppelt.

[16] Verbreitert, wahrscheinlich doppelt.

Eder und Valenta			Eder und Valenta			Eder und Valenta			Eder und Valenta		
Farbe	λ	*i*	Farbe	λ	*i*	Farbe	λ	*i*	Farbe	λ	*i*
Violett	4144·6	1	Violett	(4057·9	3)[4]	Ultraviolett	4004·4	2	Ultraviolett	3957·4	3
	4143·3	4		4050·7	1		4003·9	2		3956·1	1
	4142·4	1		4049·8	2		4003·1	7		3955·7	2
	4139·4	4		4049·0	1		4001·8	3		3953·5	4
	4139·1	3		4048·1	1		4000·9	2		3952·3	2
	4138·4	1[1]		4047·6	3		4000·4	4		3950·6	2
	4134·6	3		(4046·8	10)[5]		3999·7	2[10]		3949·0	3
	4133·7	3		4044·5	3		3998·9	2		3946·7	3
	4129·9	2		4042·0	1		3997·3	5		3945·2	3
	4129·5	2		4040·6	1		3996·1	1		3943·0	2
	4128·8	2		4038·7	1		3995·6	3		3941·1	2
	4124·0	2		4037·1	1		3994·0	4		3941·0	1
	4123·8	2		4035·1	2		3993·9	4		3939·6	3
	4123·3	2		4034·6	1		3991·8	5		3938·5	2
	4121·7	1		4034·2	1		3990·9	1		3936·7	1
	4119·6	2		4032·8	1		3990·1			3935·1	2
	4118·9	2		4031·6	1		3989·9	4		3934·6	2
	4117·5	1		4030·8	1		3987·6	3		3932·7	1
	4113·3	2		4029·8	2		3987·3	3		3931·9	3
	4112·8	1		4027·8	1		3986·0	4		3929·9	2
	4109·8	1		4026·8	1		3985·4	4		3926·9	2
	4109·0	1		4026·2	1		3983·3	3		3923·9	3
	4108·2	4		4025·4	1		3982·4	3		3921·8	3
	4105·2	1		4024·2	1		3981·5	4		3918·9	2
	4101·9	3		4022·2	1		3980·6	3		3918·1	2
	4101·6	2		4020·4	1		3980·3	3		3917·6	1
	4100·6	2		4020·2	1		3978·4	3		3915·8	3
	4097·8	1		4018·8	1[6]		3976·9	2		3914·6	1
	4096·7	1	Ultraviolett	Kante α 4017·5	4[7]		3976·6	3		3913·2	2
	4096·2	1[2]		4017·1	4		3975·4	2		3910·3	2
	4091·8	1		4016·2	2[8]		3975·0	2		3908·4	1
	4089·9	3		4015·1	3		3974·2	1		3906·7	3
	4087·3	2		4014·9	1		3973·1	4		(3906·6	5)[11]
	4085·5	2		4013·5	2		3971·2	5		3904·3	1
	4084·5	2		4013·2	1		3970·7	1		3902·2	1
	4079·5	1		„ β 4012·0	4[9]		3970·1	1		3901·5	2
	4079·0	2		4011·6	4		3969·7	3		3898·5	1
	(4078·1	8)[3]		4010·8	3		3969·1	2		3897·7	3
	4077·1	3		4010·6	3		3967·8	3		3895·0	2
	4076·6	2		4009·8	3		3965·7	4		3894·0	1
	4075·5	1		4009·2	1		3965·4	4		3892·1	2
	4073·0	2		4008·6	3		3963·8	3		3888·1	3
	4071·7	2		4008·0	2		3962·8	2		3887·8	1
	4063·9	2		4007·1	3		3962·0	2		3885·1	1
	4062·0	1		4006·3	1		3960·9	1		3882·4	2
	4059·6	1		4006·1	2		3959·6	4		3878·0	2
	4058·4	2		4005·2	6		3958·9	3		3876·6	1

[1] Sehr schwach.

[2] Sehr schwach.

[3] Starke Linie des Linienspectrums von Hg, welche auch im Bandenspectrum auftritt.

[4] Scharfe Linie des Linienspectrums von Hg, welche sich dem Bandenspectrum beigesellt.

[5] Verbreiterte Hauptlinie des Linienspectrums, welche in der Umgebung feine Linien zeigt.

[6] Es folgen hier noch zahlreiche feine, schwache Linien, welche (immer schwächer werdend) den Raum bis zur Anfangskante der folgenden Bande erfüllen.

[7] Mit nebenstehender starker Doppellinie beginnt die Kante der vierten Quecksilberbande.

[8] Wahrscheinlich doppelt.

[9] Mit dieser Doppellinie beginnt im Innern der vierten Hauptbande eine neue Kante eines abschattierten Nebenbandes, analog den anderen Banden.

[10] Wahrscheinlich doppelt.

[11] Scharfe Linie des Linienspectrums von Hg, welche auch im Bandenspectrum auftritt.

Eder und Valenta			Eder und Valenta			Eder und Valenta			Eder und Valenta		
Farbe	λ	i	Farbe	λ	i	Farbe	λ	i	Farbe	λ	i
Ultraviolett	3875·1	2	Ultraviolett	3725·1	1	Ultraviolett	3708·4	1	Ultraviolett	3689·2	1
	3872·4	2		3723·6	1		3706·9	1		3688·2	1
	3870·7	1		3722·6	2		3706·4	1		3686·3	1
	3867·6	3		3722·3	1		3706·0	1		3686·1	1
	3864·7	2		Kante β 3721·4	3		3705·5	1		3684·1	1
	3861·7	1		3721·1	1 [3]		3703·1	1		3681·6	1
	3856·6	2		3720·4	1 [4]		3702·6	1		3680·7	1
	3853·8	1		3719·6	3		3700·6	1		3679·8	1
	3852·2	1		3718·3	3		3699·7	1		3676·6	1
	3850·9	1		3717·0	3		3698·8	1		3676·0	1
	3845·2	1		3715·9	1 [5]		3697·1	1		3675·1	1
	3833·2	1		3715·2	3		3696·1	1		3671·1	1
	3830·7	1 [1]		3714·2	1		3695·3	1		3670·6	1
	3820·6	1		3713·2	3		3694·8	1		3669·9	1 [6]
	3807·3	1		3712·0	2		3694·5	1		Kante α 3500·1	} [7]
	Kante α { 3728·6	2 [2]		3711·0	3		3693·2	1		» β 3495·0	
	3728·0	1		3709·4	1		3692·3	1		» α 3274·5	} [8]
	3726·2	3		3708·7	1		3690·7	1		» β 3268·1	

[1]) Es folgen hier noch zahlreiche schwache, kaum ausmessbare Linien, dann eine andere, sehr schwache Bande (analog wie die anderen gebaut), welche wir nicht ausmassen.

[2]) Anfangskante der fünften Quecksilberbande. Der Bau der canellierten Bande ist analog dem vorigen.

[3]) Undeutlich.

[4]) Undeutlich.

[5]) Wahrscheinlich doppelt.

[6]) Es folgen noch zahlreiche, schwache, unmessbare Linien.

[7]) Anfangskanten der sechsten Quecksilberbande (mittelst des Quarzspectrographen erhalten).

[8]) Anfangskanten der siebenten Quecksilberbande, welche beiden denselben Charakter wie die vorhergehenden Banden haben und aus zahlreichen Linien bestehen. — Daran schliessen sich noch zahlreiche feine Linien an, welche weniger regelmässig zu sein scheinen. — Das ganze ultraviolette Bandenspectrum des Hg ist mit den Linien des einfachsten Quecksilber-Linienspectrums, wie es in Geisslerröhren bei geringem Drucke und Inductionsfunken (ohne Flaschen) auftritt, durchsetzt.

Rückschluss auf die Natur von Banden- und Linienspectren der Elemente im Allgemeinen.

Die von uns gemachten Beobachtungen gestatten einen Rückschluss auf die Natur der Banden- und Linienspectren der Elemente im allgemeinen, über welche mannigfache Anschauungen geäussert wurden.

Plücker und Hittorf fanden in ihrer berühmten Abhandlung über die Spectren der Gase (Philosoph. Transact., 1865):

Dass die Spectren von Stickstoff, Wasserstoff und anderen Gasen eine Veränderung erleiden, wenn die Intensität der elektrischen Entladung sich ändert; sie fanden, dass bei elektrischen Entladungen geringerer Spannungen ein «Bandenspectrum», oder wie sie es nannten, «Spectrum I. Ordnung» entstehe; dagegen bei Erhöhung der Temperatur ein «Linienspectrum» auftritt — «Spectrum II. Ordnung». Als Erklärung für diese Erscheinung nahmen sie an, dass zum Beispiel Stickstoff, ähnlich wie Sauerstoff, in verschiedenen allotropischen Modificationen existiere und dass durch Änderungen in der Intensität der Entladung Änderungen in diesen allotropen Zuständen hervorgerufen werden[1]).

Angström schloss sich später der Idee Plücker und Hittorf's an[2]) und stellte die Hypothese auf, dass, wenn das Gas verschiedene Spectren zeige, dies daher rühre, dass die Atome des Gases Verbindungen zu verschiedenen Molecülen eingehen und diese gewissermassen allotrope Formen

[1]) Vergl. Roscoë: «Spectralanalyse», 1890, 3. Aufl., pag. 120.

[1]) Poggendorff's Annal., Jubelband. — Wüllner: «Experimentalphysik», 1883, 4. Aufl., II, pag. 300.

ihrer eigenen Spectren haben können, wenn sie, ohne in ihre Atome zu zerfallen, zum Glühen gebracht werden[1]).

Später führte Lockyer weiter aus, dass die Gase, solange ihre Molecüle aus mehreren Atomen bestehen, Bandenspectren zeigen sollen, dagegen, wenn mit steigender Temperatur die Molecüle zu Atomen zerfallen, Linienspectren geben müssen[2]). Diese Anschauung wurde seither ziemlich allgemein acceptiert. Auch Kayser («Lehrbuch der Spectralanalyse», 1883, pag. 98) schreibt die Bandenspectren den Molecülen sowohl von Elementen, als auch von Verbindungen zu, während er die Linienspectren durch die Schwingungen der einzelnen Atome (welche durch Dissociation der Molecüle entstehen) erklärt. Gegen diese Anschauung wendet sich insbesondere Wüllner. Derselbe sagt: Die allmähliche Entwickelung der Bandenspectren der Gase (Stickstoff, Sauerstoff) aus dem Linienspectrum sei ein Beweis dafür, dass ein so qualitativer Unterschied zwischen den Plücker-Hittorf'schen Spectren erster und zweiter Ordnung nicht vorhanden ist, wie die Auffassung, dass das eine Spectrum dem Molecüle, das andere dem Atome (wie sie durch Zerreissung der Molecüle entstehen) entspricht, es verlangt[3]). Wüllner hält die Linien der sogenannten Linienspectren nur für Theile der vollständigen Spectren der betreffenden Gase, welch letztere sich zeigen, wenn man hinreichend tiefe Schichten der Gase auf die zur Hervorrufung der Linien erforderliche Temperatur bringt. Später modificierte Wüllner[4]) seine Ansicht dahin, «dass zunächst bei niedriger Temperatur, bei welcher die Molecüle mit geringer Geschwindigkeit aneinanderprallen, die materiellen und die Äthertheilchen der einzelnen Atome des Molecüles in schwingende Bewegung gerathen und durch diese Schwingungen das Bandenspectrum liefern. Erst wenn die Temperatur eine erheblich höhere geworden ist, die Molecüle also mit erheblich grösserer Geschwindigkeit aneinanderfliegen, gerathen die Complexe, die wir als Atome im Molecül ansehen, gegen einander in Schwingung und diese Schwingungen geben die Linien des Linienspectrums» ......

...... «Ganz besonders steht mit dieser Auffassung im Einklange, dass die verschiedenen Linien mit steigender Temperatur erst nach und nach sichtbar werden. Im Linienspectrum sieht man zuerst die Wellenlängen, für welche das Emissionsvermögen den grössten Wert hat; erst wenn die Stösse stärker werden, erhalten die den übrigen Wellenlängen entsprechenden Schwingungen eine hinreichende Amplitude, um wahrgenommen zu werden. Die Stösse müssen umso stärker werden, je geringer das Emissionsvermögen für die betreffenden Schwingungen ist; dass dasselbe zum Beispiel (beim Wasserstoff) für H_γ und H_δ am geringsten ist, soll ja nichts anderes ausdrücken, als die Thatsache, dass H_γ und H_δ niemals die Helligkeit von H_α und besonders von H_β erhalten»[5]). «Mit der Auffassung, dass das Bandenspectrum und das Linienspectrum des Wasserstoffes einem verschiedenen Bau des strahlenden Molecüles zuzuschreiben sind, vermag ich die Beobachtungen (bei H, N und O) nicht zu vereinigen».

W. Ostwald[6]) bemerkt zu den verschiedenen Annahmen über die Ursache der mehrfachen Spectren der Gase: «Es scheint näherliegend, von einer Formveränderung der ponderablen Masse der Atome ganz abzusehen und die Entstehung der Linienspectren den Schwingungen des Äthers um seine durch die ponderable Masse des Atomes bestimmte Gleichgewichtslage allein zuzuschreiben. Die Unabhängigkeit der Wellenlänge von der Amplitude ist dann leicht zu verstehen». Dazu ist indessen zu bemerken (wie Ost-

[1]) Lockyer: Proc. of Lond. Soc., XXI; auch Wüllner: «Experimentalphysik», pag. 300.

[2]) Vergl. Ostwald: «Lehrbuch d. allgem. Chemie», II. Aufl., Bd. I, pag. 259 u. 261.

[3]) H. Wüllner: «Über den allmählichen Übergang der Gasspectren in ihre verschiedenen Formen». Sitzungsber. d. königl. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1889 (25. Juli).

[4]) «Die allmähliche Entwickelung des Wasserstoffspectrums». Desgl. 1889 (12. Dec.).

[5]) Um Missverständnissen vorzubeugen, sei erwähnt, dass bei vielen Elementen das «Emissionsvermögen» für gewisse Schwingungen nicht constant ist, sondern schwache Linien mit steigender Temperatur zu Hauptlinien werden und umgekehrt, wofür es viele Beispiele (Zn, Pb, Sn, Tl etc.) gibt, wie wir für Cadmium erst kürzlich ausführlich beschrieben haben (Eder und Valenta).

[6]) «Lehrbuch d. allgem. Chemie», 2. Aufl., 1891, pag. 262.

wald a. a. O. hervorhebt), dass nach Wiedemann[1]) die Annahme, der Äther sei der Träger des «Leuchtenergie-Inhaltes», mit den aus den Voraussetzungen der kinetischen Gastheorie folgenden Vorstellungen über die Mechanik des Leuchtens sich nicht wohl in Übereinstimmung bringen lässt. Andererseits aber hat H. Ebert[2]) gezeigt, dass auch in anderer Weise die Anschauungen der kinetischen Gastheorie mit den spectroskopischen Thatsachen in Widerspruch kommen. Somit muss man, wie Ostwald ausführt, entweder die gemachten Voraussetzungen der kinetischen Gastheorie aufgeben, oder man muss annehmen, dass das Leuchten nicht von bewegten Molecülen ausgeht, sondern nur im Momente des Zusammenstosses stattfindet. Es stimmen somit die Ansichten über die Natur des Linien- und Bandenspectrums, sowie über variable Spectren eines und desselben Elementes bei verschiedenen Temperatur-, Druck- und elektrischen Entladungsverhältnissen nicht überein.

Deshalb erscheint uns das genauere Studium von Spectralerscheinungen solcher Elemente von Interesse, deren Spectren unter verschiedenen Verhältnissen deutliche Verschiedenheiten zeigen und deren Dampf nicht aus Molecülen, sondern nur aus Atomen besteht. Solche Elemente sind eben Cadmium und Quecksilber; in ihrem Dampfe hat man es nach den bisher herrschenden Anschauungen nur mit Atomen zu thun, während Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Schwefel und die anderen Elemente, bei welchen bisher Bandenspectren beobachtet wurden, in Dampfform nicht aus freien Atomen, sondern aus Molecülen bestehen. Es liegen aber beim Cadmium sehr bemerkenswerte Verschiedenheiten im Bogen- und Funkenspectrum vor[3]), welche wir in einer früheren Abhandlung[4]) genau klarlegten und bei denen man nicht zur Erklärung greifen kann, dass in dem einen Falle das Molecül, in dem anderen das Atom in Anspruch genommen wird, weil der Dampf des Cadmiums aus Atomen besteht, indem das Molecülargewicht gleich dem Atomgewichte ist. Beim Cadmium liegen wohl nur Linienspectren (Plücker'sche Spectren II. Ordnung) vor, bei welchen, entsprechend der steigenden Temperatur, neue Liniengruppen auftauchen (respective heller werden) und andere verschwinden; ein Bandenspectrum des Cadmiums konnten wir bis jetzt nicht erhalten. Der von uns erbrachte Nachweis, dass dem Quecksilber verschiedene Linienspectren und ein von diesen vollkommen verschiedenes Bandenspectrum zukommt, gewährt aber einen tieferen Einblick in das Wesen der Spectren, weil wir es hier mit Spectren erster und zweiter Ordnung im Sinne Plücker's zu thun haben. Andererseits ist die Annahme herrschend, dass der Quecksilberdampf nicht aus Molecülen, sondern aus einzelnen Atomen bestehe[5]). Damit stimmen sowohl Dampfdichtebestimmungen, als auch Kundt's und Warburg's Versuche überein, welche zeigten (bei Studien über die Schallgeschwindigkeit im Quecksilberdampfe), dass die Molecüle dieses Dampfes keine innere Bewegung haben, also auch nicht aus mehreren Atomen bestehen können (Graham-Otto: «Lehrbuch der organischen Chemie», 1879, 5. Aufl., Bd. II, 1. Abth., pag. 77, Einleitung).

Betrachten wir die spectroskopisch festgestellten Thatsachen und vergleichen wir sie mit den verschiedenen Anschauungen über das Wesen der Linien- und Bandenspectren, so ergibt sich Folgendes:

Dem Quecksilberdampfe kommt ein Linienspectrum zu, welches im galvanischen Lichtbogen und im Geisslerrohre unter der Einwirkung des Inductionsfunkens ohne Flaschen die wenigsten Linien aufweist, jedoch sind die beiden Spectren nicht identisch, wie oben ausführlich erörtert wurde; besser entwickelt, das heisst linienreicher, ist das Funkenspectrum des Quecksilbers (im Flaschenfunken zwischen Quecksilberelektroden), das linienreichste Spectrum (am vollkommensten ausgebildetes Linienspectrum) wird aber erhalten, wenn man den Flaschenfunken durch Geisslerrohre, deren Capillare von Queck-

---

[1]) Wiedemann: Annal., 1889, Bd. XXXVII, pag 179.

[2]) Wiedemann: Annal., 1889, Bd. XXXVI, pag. 466. — Ostwald a. a. O.

[3]) Es zeigen bekanntlich noch viele Elemente ähnliche Erscheinungen, zum Beispiel Zn, Pb, Al, Sn u. a., aber in diesen Fällen muss man annehmen, dass deren Molecüle aus mehreren Atomen bestehen.

[4]) Vergl. pag. 109 dieser Abhandlungen.

[5]) Vergl. Ostwald: «Lehrbuch d. allgem. Chemie».

silberdämpfen durchströmt wird, schlagen lässt. Von diesem variablen Linienspectrum, im Charakter vollkommen verschieden, ist das Bandenspectrum des Quecksilbers, welches keineswegs als ein besser oder schlechter entwickeltes Linienspectrum des Quecksilbers anzusehen ist; obwohl demselben stets die einfachsten Linien, welche im Linienspectrum des Quecksilberdampfes im Vacuum sich zeigen, beigemengt sind, treten doch keine von den anderen Quecksilberlinien hervor, welche im Flaschenfunken an der Luft oder im galvanischen Lichtbogen stets auftreten.

Es liegt wohl nahe, zur Erklärung des Entstehungsgrundes der Quecksilberspectren erster und zweiter Ordnung die jeweilig herrschenden Temperaturen nebst Druckverhältnissen heranzuziehen. Ohne Zweifel kommt das Bandenspectrum einer niedrigeren Temperatur zu[1]). Nicht nur die Temperatur spielt beim Auftreten der verschiedenen Quecksilberspectren eine Hauptrolle, sondern selbstverständlich auch der im Geisslerrohre herrschende Gasdruck; vielleicht ist auch die Art der elektrischen Erregung von Einfluss, aber sichere Beweise hiefür fanden wir nicht. Bemerkenswert ist der günstige Einfluss, welchen die Durchführung einer Destillation von Quecksilber durch die Capillare und Condensation im weiten rückwärtigen Theile des Rohres auf die Entwickelung des Linien- und Bandenspectrums nimmt: es wird das Entstehen dieser Spectren durch diese Umstände nur sehr begünstigt, jedoch nicht ausschliesslich bedingt.

Das Linien- sowohl, wie das Bandenspectrum wurden von uns nacheinander in derselben Röhre mit longitudinaler Aufsicht erhalten, bei derselben Dicke der leuchtenden Schichte von 10 *cm* Länge (im Capillarrohre[2]); es hat somit die Dicke der Schichte unter den gegebenen Verhältnissen keinen entscheidenden Einfluss auf das Auftreten des Banden- oder Linienspectrums, wie mitunter angenommen wird (zum Beispiel von Wüllner, s. pag. 155).

Wir können somit in unseren experimentellen Beobachtungen keine Bestätigung der Annahme finden, dass Banden- und Linienspectren verschieden vollkommene Entwickelungsstadien ein und desselben Hauptspectrums vorstellen, denn wir haben gesehen, dass das Linienspectrum des Quecksilbers sich in verschiedenen schwankenden Entwickelungsstadien zu einem vollkommenen, sehr linienreichen Spectrum ausbildet, welches vom Bandenspectrum gänzlich verschieden ist. Da somit dem Quecksilber unter sich qualitativ vollkommen verschiedene Linien- und Bandenspectren zukommen und ferner zur Erklärung dieser Erscheinung die Annahme von Molecülarvibrationen einerseits neben Atomvibrationen andererseits in unserem Falle nicht herangezogen werden kann, so liefert diese letztere, von anderer Seite gemachte Annahme (s. vorher) jedenfalls keine allgemein giltige Erklärung für das Auftreten der sogenannten Spectren erster und zweiter Ordnung[3]). Es erscheint uns somit folgerichtiger, diese Annahme überhaupt nicht zur Erklärung der Banden- und Linienspectren der Elemente heranzuziehen.

Am besten dürfte Ostwald's Anschauung mit den vorliegenden Beobachtungen übereinstimmen.

Diese Ausführungen haben zur Voraussetzung, dass gemäss der herrschenden Anschauung das Molecülargewicht des Quecksilbers gleich dem Atomgewichte ist; wollte man jedoch die Annahme aufrecht erhalten, dass das Banden- und Linienspectrum jeweilig an das Molecül oder Atom gebunden ist, so würde dies zu einer Verdoppelung der gegenwärtig für das Atomgewicht des Quecksilbers angenommenen Zahl führen und die Annahme von Vibrationen der Materie in verschiedenen Atom-

---

[1]) Dafür spricht die Thatsache, dass das Bandenspectrum unter gewissen Umständen im weiten Theile der Röhren auftritt, wenn Flaschenfunken verwendet werden, in der Capillare aber am leichtesten dann zu Stande kommt, wenn der Funke ohne Flaschen zur Verwendung gelangt; sowie der Umstand, dass das Bandenspectrum sich weniger weit ins Ultraviolett erstreckt als das Linienspectrum.

[2]) Auch gibt die Photographie der Seitenansicht der Röhre, je nach den Versuchsbedingungen, bald das Linien-, bald das Bandenspectrum.

[3]) Wir sprechen hier nur von den Spectren der Elemente. Dass bei den Bandenspectren von Verbindungen die molecülaren Vibrationen und eventuell die intermolecülaren Vorgänge eine grosse Rolle spielen, soll hiermit keineswegs angezweifelt werden (Eder und Valenta).

complexen stösst dann bei der Erklärung der spectroskopischen Thatsachen auf keine Schwierigkeiten mehr.

Vergleicht man schliesslich in unseren Tabellen jene Linien des Quecksilberspectrums unter sich, welche in allen Formen des Linienspectrums auftreten und sogar, wenn auch in beschränkter Anzahl, als untrennbare Begleiter des Bandenspectrums auftauchen, so drängt sich die Anschauung auf, dass diesen Linien eine besondere Bedeutung zukommen müsse. Es entsprechen diese Linien den sogenannten «basischen Linien» Lockyer's[1]).

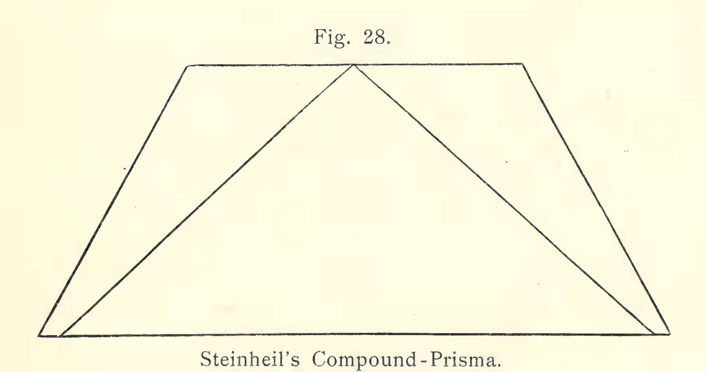
Ferner ist die Erscheinung des ziemlich unvermittelten Aufblitzens des linienreichsten Spectrums (s. die Abbildung Fig. 8 der heliographischen Tafel) bei hochgradig gesteigerter Stärke des Flaschenfunkens und gleichzeitigem Erhitzen der Capillare, besonders das Auftauchen zahlreicher neuer Hauptlinien, welche früher nicht oder kaum sichtbar waren, und mancher Doppellinien an Stelle von einfachen Linien, eine derartige, dass sie zu Lockyer's Theorie der Dissociation der Elemente passen würde, wenn man überhaupt die Zerlegbarkeit unserer Elemente in die Discussion ziehen will.

Anhang.

Beschreibung der lichtstarken Glasspectrographen zur Photographie der weniger brechbaren Strahlen.

Zur Untersuchung der ultravioletten Srahlen bedienten wir uns eines Quarzspectrographen, wie selber bereits früher beschrieben wurde. Bei derartigen Apparaten ist die Dispersion im weniger brechbaren Theile des Spectrums eine geringe und deshalb die erzielte Genauigkeit bei Bestimmung der Wellenlängen in diesen Bezirken eine mässige. Zur besseren Auflösung, namentlich im Blauviolett und am Beginne des Ultraviolett, benöthigten wir einen gut definierenden lichtstarken Spectrographen, weil gerade diese Bezirke häufig weniger genau studiert sind, als das stärker brechbare Ultraviolett, wie dies zum Beispiel bei Cadmium der Fall ist, wo zwischen den Beobachtungen Thalén's und den photographischen Untersuchungen im Ultraviolett von Hartley und Adeney sich eine merkliche Lücke bezüglich des Funkenspectrums findet. Wir hatten anfangs die Absicht, mit einem Spectrographen und einem Wernike'schen Prisma (Zimmtsäure-Äther) zu arbeiten, aber eine halbjährige Versuchsreihe zeigte die Unverlässlichkeit dieses Flüssigkeitsprismas zu spectroskopischen Zwecken, denn die fortwährenden Verschiebungen der Linien sind störend. Wenngleich dieser Fehler weniger stark als bei Schwefelkohlenstoffprismen auftritt, mit welchen Hasselberg, wenn auch nur durch einige Zeit arbeitete, so konnten wir uns dennoch nicht zur definitiven Anwendung solcher Prismen entschliessen. Deshalb griffen wir zu Glasprismen, deren Gläser von Dr. Steinheil in München mit Rücksicht auf unsere Untersuchungen «über Absorption verschiedener Glassorten im Ultraviolett»[2]) ausgewählt worden waren. Es war dies ein Compound-Prisma, das eine Ablenkung von $64^0\ 7'$ für F und eine Zerstreuung von $2^0\ 19'\ 30''$ von F bis G hatte. Fig. 28 zeigt die Anordnung des Steinheil'schen Prismas.

Fig. 28.



Steinheil's Compound-Prisma.

[1]) Vergl. Kayser: «Spectralanalyse», Berlin 1883, pag. 203.

[2]) Denkschriften der kais. Akad. d. Wissensch., 1894. — Vergl. auch pag. 98 dieser Abhandlungen.

Dasselbe besteht aus einem Flintglasprisma mit einem brechenden Winkel von 94° 32′ 20″, welches zwischen zwei conträr stehenden Crownglasprismen eingeschlossen ist, deren Winkel 18° 30′ betragen. Die beiden Crownglasprismen sind aus demselben Glase vom Brechungsexponenten $n_D = 1 \cdot 51159$ hergestellt, während der Brechungsexponent des Flint $n_D = 1 \cdot 65082$ ist. Dieses Prisma zeigte eine sehr gute Definition und wurde mittelst nicht achromatisierter einfacher Collimator- und Objectiv-Crownglaslinsen als Spectrograph construiert, welche Construction Herr Eugen v. Gothard in Herény (Ungarn) in vorzüglicher Weise ausführte.

Dieser Apparat erwies sich als sehr leistungsfähig und übertraf einen anderen Glasspectrographen mit drei Prismen (Flintglas) und einem aplanatischen Doppelobjectiv von circa 60 *cm* Focus, indem er sich nicht nur als lichtstärker, sondern auch weitaus freier an innerer Lichtreflexion erwies. Natürlich muss die Cassette, welche die Platte enthält, bei Verwendung der nicht achromatischen Objective gegen die Camera-Achse geneigt sein. Die Einstellung mit dem Compound-Prisma ist wesentlich einfacher, als mit mehreren einzelnen Prismen. Stellt man nämlich (nach V. Schumann's Vorgang) die brechbarste Linie des zu photographierenden Spectralbezirkes ins Minimum der Ablenkung ein, so erhält man bei sonst guter Adjustierung den ganzen Bezirk bis ins weniger brechbare Ende befriedigend scharf.

In unserem Falle stellten wir die Bleilinie $\lambda = 3683$ ins Minimum der Ablenkung ein. Diese Operation ist nur dann möglich, wenn man das Prisma präcise von Grad zu Grad drehen kann und andererseits die Cassetten gestatten, durch Verschiebung eine grössere Anzahl Aufnahmen übereinander auf dieselbe Platte zu machen. Ist dies der Fall, so kann man für jede beliebige Linie das Minimum der Ablenkung finden (s. Taf. IX, Fig. 5), indem sich der Punkt (Drehung des Prismas) sehr genau bestimmen lässt, wo die Spectrallinien sich dem Minimum der Ablenkung nähern und dann wieder davon entfernen.

Die Dispersion des Apparates geht aus den beigegebenen Photogrammen des Sonnenspectrums hervor (s. Taf. IX, Fig. 1 bis 4). Nr. 1 zeigt die Photographie auf einer gewöhnlichen Platte, Nr. 2 auf einer mit Acridingelb für Blaugrün bis Grün sensibilisierten Platte, auf welcher man das Spectrum scharf bis *e* photographieren kann, so dass sich ein geschlossenes Band ergibt[1]), was sehr erwünscht ist, weil es sich über jenen Bezirk erstreckt, bei welchem mit Eosin-, Erythrosin-, Cyanin-, Azalin-Platten Minimas der photographischen Wirkung auftreten.

Für die grünen und gelben Strahlen erwies sich Erythrosin (Tetrajodfluoresceïnkalium) am besten, welches bezüglich der Gesammtempfindlichkeit und relativen Grün- und Gelbempfindlichkeit der damit sensibilisierten Platten obenan steht[2]) und stets als Ersatz für gewöhnliche Platten empfohlen werden soll, wenn es sich um das Studium von lichtschwachen Spectren im sichtbaren Theile handelt. Rose bengal (Tetrajodtetrachlor-Fluoresceïnkalium) sensibilisiert erheblich weiter gegen Orange ($D\ ^1/_3\ C$ bis $D\ ^1/_2\ C$) (s. Tafel), drückt aber die Gesammtempfindlichkeit mehr als Erythrosin.

Der beste Sensibilisator für Orange bis *C* ist noch immer Cyanin, welches leider die Gesammtempfindlichkeit der Platten stark herabdrückt und bei welchem die Platte die Linien weniger scharf wiedergibt, als dies bei Verwendung von Erythrosinplatten der Fall ist.

Mittelst dieser Arbeitsmodalitäten gelingt es, die Wellenlängen im Blau, Violett und Ultraviolett bis auf 0·1 bis 0·2 Angström'sche Einheiten genau zu bestimmen[3]) und namentlich im Indigo und Violett ist die Auflösung eine so gute, dass sich fast alle Eisendoppellinien, welche Kayser und

---

[1]) Die sensibilisierende Wirkung des Acridingelb wurde zuerst von uns erkannt (s. Eder und Valenta: «Neue Sensibilisatoren für Bromsilbergelatine», Phot. Corresp., 1894, pag. 227).

[2]) Zuerst empfohlen von J. M. Eder. — Vorzügliche Trockenplatten dieser Art erzeugt die Firma Dr. Schleussner in Frankfurt a. Main.

[3]) Im Grün und Gelb dürfte die erreichbare Genauigkeit bei Anwendung des beschriebenen Glasspectrographen kaum 0·5 A. E. übersteigen.

Runge mittelst Gitter photographierten, deutlich als Doppellinien erkennen lassen, wobei dieselben so scharf sind, dass sie beim Ausmessen eine namhafte Vergrösserung vertragen.

Gute Kriterien für die auflösende Kraft eines Spectrographen sind zum Beispiel die Eisen-Doppellinien $\lambda = 4171 \cdot 9$ und $4171 \cdot 3$, $4188 \cdot 0$ und $4187 \cdot 2$, $4841 \cdot 2$ und $4840 \cdot 6$ u. s. w.; mittelst solcher Spectrographen ist es möglich, Bandenspectren, welche aus hunderten von feinen, dicht nebeneinander gelagerten Linien bestehen, in befriedigender Weise aufzulösen.

Dies zeigt die beigegebene Tabelle über das Quecksilber-Bandenspectrum, welches wir mit dem beschriebenen Glasspectrographen bis $\lambda = 3660$ photographierten. Für Strahlen von kürzerer Wellenlänge verwendeten wir stets den Quarzspectrographen.

Über die Spectren von Kupfer, Silber und Gold.

Von

J. M. Eder und **E. Valenta.**

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 7. November 1895.)

Bei unseren spectralanalytischen Untersuchungen[1]) hatten wir verschiedene Elemente unter variablen Versuchsbedingungen betreffs ihrer Emissionsspectren untersucht und auf Grund sorgfältiger Wellenlängenmessungen auf principielle Verschiedenheiten verschiedener Spectren einer und derselben Substanz hingewiesen.

Die damals angestellten Vorversuche hatten gezeigt, dass bei den Elementen Kupfer, Silber und Gold sich neue Aufschlüsse über die variablen Spectren der Elemente ergeben, denn diese Elemente geben ausserordentlich linienreiche Funkenspectren, welche an Zahl und Schärfe der Linien die entsprechenden Bogenspectren weit übertreffen. Wir konnten unsere vor zwei Jahren begonnenen diesbezüglichen Untersuchungen damals aus dem Grunde nicht zu Ende führen, weil der uns zu Gebote stehende Spectrograph mit Quarzprisma in den weniger brechbaren Bezirken eine zu geringe Dispersion hatte und der Spectrograph mit Glascompoundprisma diese Lücke wohl im Blau und Violett bis zum Beginne des Ultraviolett ausfüllte, jedoch im sichtbaren Theile immer noch zu wenig leistete.

Es gelang uns inzwischen, zwei Rowland'sche Concavgitter zu erhalten, welche uns Herr John A. Brashear in Allegheny freundlichst einsandte, und zwar ausgezeichnete Concavgitter mit sehr kurzem Focus, welche bei grosser Lichtstärke eine vorzügliche Definition gaben. Wir wählten dasjenige derselben, welches sowohl das Spectrum erster als auch jenes der zweiten und dritten Ordnung mit grosser Helligkeit gab, um einen grösseren Spielraum in der Definition zu haben, obschon ein solches Gitter, welches die Spectren erster und zweiter Ordnung beinahe gleich hell gibt, schwerer zu handhaben ist als eines, welches das Spectrum erster Ordnung sehr hell, dagegen jenes zweiter und dritter Ordnung bedeutend lichtärmer wiedergibt.

Durch Anwendung des Gitterspectrographen, auf dessen thunlichst präcise Aufstellung die grösste Sorgfalt verwendet wurde, erhielten wir ein ausgezeichnetes Beobachtungsmittel, welches uns gestattete, im Vereine mit dem oberwähnten Prismenapparate die Genauigkeit der Resultate wesentlich zu steigern.

Bekanntlich ermöglichen Gitterspectrographen weit genauere Wellenlängenmessungen, als man sie am prismatischen Spectrum anstellen kann; unsere im Nachstehenden beschriebenen Messungen übertreffen demzufolge die früher gemachten merklich und wir erzielten durchschnittlich eine Genauigkeit von 0·05 bis 0·1 A. E. Die grössere Schärfe der Linien gestattet ein sehr genaues Messen, so dass die Verlässlichkeit

[1]) Eder und Valenta: Denkschriften der kais. Akad. d. Wissensch., mathem.-naturw. Classe, 1890 bis 1894.

der Endresultate sehr befriedigend im Vergleiche mit den Ergebnissen der viel lichtärmeren Gitter mit langem Focus ist.

Da unseres Wissens Concavgitter mit sehr kurzem Focus, wozu wir Brennweiten von unter $^3/_4$ *m* rechnen[1]), bisher zu ausgedehnten Untersuchungen wenig benützt wurden und es beim Arbeiten mit solchen Gittern auf eine sorgfältige Anordnung des Apparates wesentlich ankommt, viel mehr als bei Gittern mit langem Focus, so wollen wir unseren Arbeitsgang genauer beschreiben.

Zunächst wollen wir noch bemerken, dass bekanntlich die Spectren zu beiden Seiten des Gitters niemals vollkommen gleiche Helligkeit aufweisen, sondern dass sich stets eine Verschiedenheit der Helligkeit derselben, welche wiederum in den Spectren verschiedener Ordnung variiert, bemerkbar macht. Dazu kommt noch, dass je nach der Art der Furchung am Gitter das Spectrum zweiter Ordnung heller als jenes erster Ordnung sein kann. Noch complicierter wird die Sache durch den Umstand, dass nicht selten zum Beispiel das Spectrum erster Ordnung optisch heller als das der zweiten Ordnung erscheint, aber im photographisch wirksamen ultravioletten Theile sich das Verhältnis umkehrt; ja es kann vorkommen, dass das ultraviolette Spectrum dritter Ordnung heller ist als dasjenige erster Ordnung, trotzdem im optischen Theile das Helligkeitsverhältnis umgekehrt ist. Das von uns derzeit benützte Gitter zeigt zum Beispiel folgende Eigenschaften: Das Spectrum erster Ordnung ist sehr hell und sehr scharf vom Roth bis gegen die Fraunhofer'sche Linie *H* hinaus und zu Beginn des Ultraviolett bis circa $\lambda = 3900$.

Das Ultraviolett erster Ordnung von $\lambda = 3900$ bis circa 2500 ist bei unserem Gitter mittelmässig hell, von $\lambda < 2500$ aber sehr lichtschwach. Das Spectrum zweiter Ordnung ist im Roth, Gelb und Grün wesentlich lichtschwächer als das Spectrum erster Ordnung, welches in diesem Bezirke dreimal heller als jenes ist. Dagegen ist die Helligkeit des Spectrums zweiter Ordnung im Blau, Violett und Ultraviolett sehr gross, so dass diese Bezirke auf Bromsilbergelatineplatten kräftiger als das Spectrum erster Ordnung wirken, was namentlich vom stärker brechbaren Ultraviolett gilt, welches beim Spectrum zweiter Ordnung zwei- bis dreimal heller als bei jenem erster Ordnung wirkt. Von λ 2800 bis λ 1900 arbeiten wir mit dem Quarzspectrographen mit einem Prisma, welcher den Gitterspectrographen in diesem Bezirke an Helligkeit und auflösender Kraft (wenigstens bei jenen Gittern, welche wir untersuchen konnten) weit überlegen ist. Das Spectrum dritter Ordnung ist bei unserem Gitter sehr hell; im Ultraviolett von $\lambda > 2200$ ist es ungefähr gleich hell wie das Ultraviolett zweiter Ordnung, vielleicht sogar etwas heller, demzufolge ist das Spectrum zweiter Ordnung von sehr lichtstarken Linien dritter Ordnung durchsetzt, welche ausgeschieden und identificiert werden müssen und dann eine ausserordentlich scharfe Controle für die Messungen am Spectrum zweiter Ordnung abgeben.

Auch das Violett und Ultraviolett in der Umgebung der Fraunhofer'schen Linie *H* tritt so lichtstark im Spectrum dritter Ordnung auf, dass es sogar durch hellgelbes Glas durchdringt und nur mittelst dunkelgelber Gläser oder intensiver Pikrinsäureschichten abfiltriert werden kann. Auch das Spectrum vierter Ordnung ist bei dem von uns angewendeten Gitter noch deutlich nachweisbar, jedoch ist seine Helligkeit eine geringe.

Jedes Concavgitter zeigt aber andere Variationen in der Vertheilung der Helligkeit und Definition bezüglich der Spectren verschiedener Ordnung und es bleibt somit bei der Montierung des Gitterspectrographen nichts Anderes übrig, als mit dem provisorisch aufgestellten Apparate die Spectren verschiedener Ordnung einer Vorprüfung zu unterziehen, um die günstigste Seite des Gitters für die definitive Anordnung wählen zu können.

Bei der Montierung des Gitterspectrographen soll darauf geachtet werden, dass derselbe völlig lichtdicht gegen äusseres fremdes Licht geschützt ist, damit man im Arbeitsraume jede Art von Licht-

---

[1]) Das von Kayser und Runge benützte Gitter hatte einen Krümmungsradius von 6·5 *m*.

quelle frei aufstellen und benützen kann, ohne eine Verschleierung der photographischen Platten durch falsches Licht befürchten zu müssen. Der an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Verwendung stehende Concavgitterapparat wurde von Eugen v. Gothard[1]) ausgeführt. Fig. 29 gibt uns die schematische Anordnung der einzelnen Theile des Apparates; Fig. 30 zeigt eine Ansicht des ganzen Apparates. Derselbe ist auf einem dreieckigen Tische (*T*), dessen Füsse mit Stellschrauben versehen sind, montiert. Am rechten Winkel des dreieckigen Tisches ist ein kleines Tischchen angebracht, welches mit dem eigentlichen Tischgestelle fest durch massive Träger verbunden ist. Dasselbe hat die Bestimmung, die Quarzcondensorlinse (*C*) und den Funkengeber (*f*) aufzunehmen, und es sind die beiden Metallplatten (*P*, *P'*), auf denen diese Hilfsvorrichtungen aufgestellt werden, so eingerichtet, dass man mittelst Zahnstange und Trieb, sowie eines Hock'schen Schlüssels vom Beobachtungsfernrohre aus im Stande ist, den Funkengeber seitlich zu verschieben, während zwei Metallschienen, auf denen die beiden Platten sich in der Richtung der Axe des Collimatorrohres (*r*) verschieben lassen, die Bewegung von Funkengeber und Condensor bezüglich scharfer Einstellung der Lichtlinie auf den Spalt

Fig. 29.

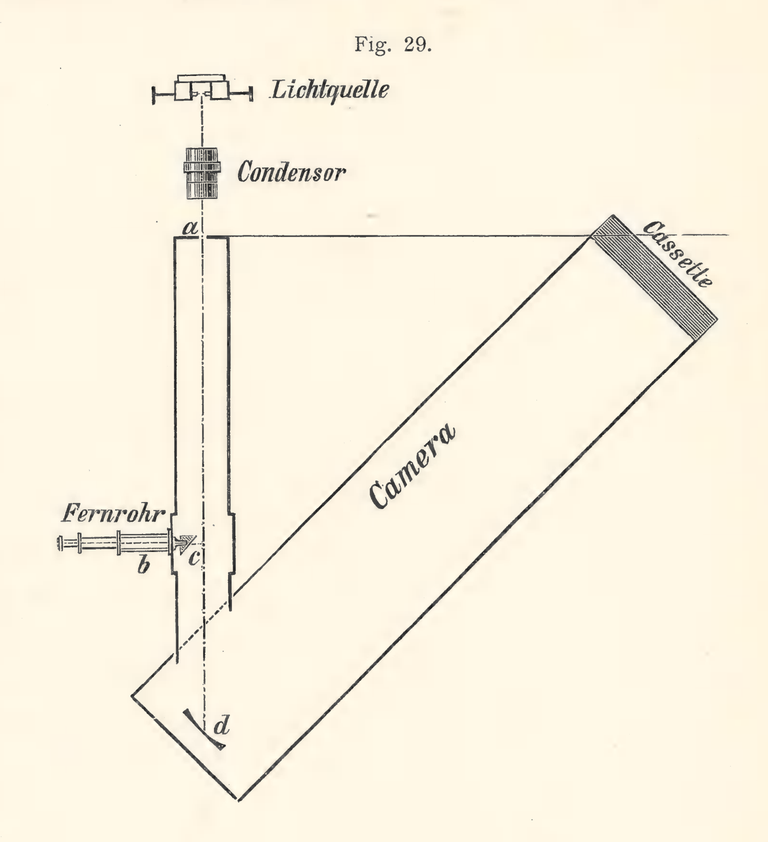
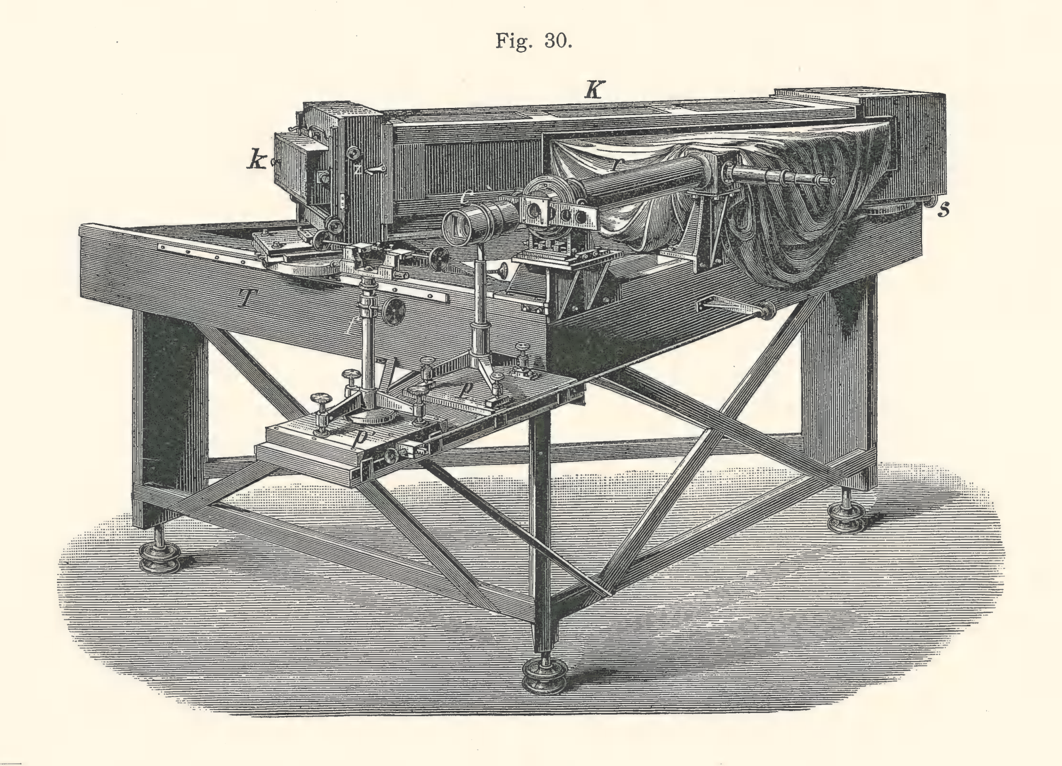


Fig. 30.



[1]) Astrophysikalisches Institut in Herény, Ungarn.

ermöglichen. Der Spalt am Collimatorrohre ist ein hochpolierter Stahlspalt, welcher durch eine plangeschliffene Quarzplatte vor Staub geschützt wird. Das Collimatorrohr ist fix an der einen Kathete des Tischgestelles montiert und mit einem seitlich angebrachten Einstellfernrohre (*d*, Fig. 29) versehen, welche Vorrichtung in der bereits früher bei Beschreibung des Quarzapparates[1]) geschilderten Weise eine bequeme Controle der Einstellung gestattet, so dass man sofort erkennen kann, ob das einfallende Lichtbüschel den Spiegel voll trifft. Das Collimatorrohr greift in eine schlitzförmige Öffnung der verstellbaren Camera so ein, dass die Axe desselben bei jeder Verstellung der Camera stets die Mitte des Gitters trifft.

Das in der Camera (Fig. 29) bei *d* befindliche Concavgitter ist ein Rowland'sches Gitter von 730 *mm* Brennweite. Es ist auf einem Tischchen derartig montiert, dass es mittelst feiner Schrauben sich nach verschiedenen Richtungen verstellen lässt, ohne dass es hiebei eine Pressung erleiden würde. Man kann es ferner von aussen mittelst einer Mikrometerschraube (*S*, Fig. 30) in der Richtung der Camera-Axe verschieben, was den Zweck hat, bei Verstellungen der Camera die Lage des Gitters richtig zu stellen. Die Camera (*K*) ist aus Mahagoniholz gefertigt und ruht auf beiden Katheten des Gestelles auf. Sie ist beiderseits auf Metallschienen beweglich und kann in jeder möglichen Stellung leicht fixiert werden. Die Cassette (*B*) befindet sich am anderen Ende der Camera. Der Abschluss dieses Endes der Camera gegen die Cassette besitzt einen Schlitz, hinter welchem sich eine mit einem schmäleren Schlitze versehene Metallplatte auf- und abwärts verschieben lässt. Die Gesammtbreite des fixen Spaltes beträgt 10 *mm*, jene des verschiebbaren Schlitzes 3 *mm*. Der verschiebbare Schlitz ist mittelst Zahnstange und Trieb verstellbar und ist die Einrichtung so getroffen, dass derselbe in drei Stellungen fixiert werden kann, welche zusammen der Breite des fixen Spaltes entsprechen. Da es wegen des grossen Astigmatismus des Concavgitters von kurzer Brennweite nicht günstig war, mit der Lockyer'schen Riegelvorrichtung am Spalte zu arbeiten, haben wir obige Vorrichtung angebracht, mit deren Hilfe es leicht gelingt, drei verschiedene Spectren coïncidierend übereinander zu photographieren, oder, was unter Umständen erwünscht sein dürfte, zwei Spectren so ineinander zu photographieren, dass nur ein Theil des Gesammtbildes die Linien beider Spectren enthält.

Die Bildfläche des Spectrums, welches mit Concavgittern von so kurzem Focus, wie das von uns benützte Gitter ihn zeigt, erhalten wird, ist sehr stark gekrümmt; bei Verwendung der sonst gebräuchlichen photographischen Cassetten würden daher nur sehr kleine Spectralbezirke scharfe Linien geben. Da wir nun für unsere Versuche Bromsilbergelatine-Platten von 30 *cm* Länge verwendeten, um grössere Spectralbezirke in Einem photographieren und messen zu können, so ergab sich die Unmöglichkeit, mit ebenen Platten zu arbeiten. Auf die Vortheile der Verwendung gekrümmter Platten hat bereits Rowland hingewiesen. Bei den bisher verwendeten Gittern von sehr langem Focus ist jedoch die Krümmung eine so kleine, dass man bei Verwendung mässiger Plattenformate mit ebenen Platten arbeiten, beziehungsweise die erforderliche Krümmung den Platten ohne Schwierigkeit ertheilen kann.

Bei Concavgittern von kurzer Brennweite, wie in unserem Falle, macht das Biegen der photographischen Platten die grössten Schwierigkeiten, da man selbst den dünnsten Plattensorten des Handels nicht einmal annähernd die richtige Krümmung ertheilen kann. Wir liessen deshalb Platten aus dünnstem, best gekühlten Solinglase eigens für diesen Zweck herstellen. Diese Platten zeigen ein Maximum von höchstens 1 *mm* Glasstärke, sie lassen sich in dem von uns benützten Formate von 30 $\times$ 8 *cm* wohl nicht ganz bis zur theoretisch richtigen Krümmung biegen, aber anstandslos bis zu einem Krümmungsradius von 1240 *mm*, was sich bezüglich der allgemeinen Schärfe der Linien als praktisch vollkommen genügend erwies. Solche Platten aus sehr dünnem, vorzüglich gekühltem Solinglase lieferte uns freundlichst Herr Dr. Schleussner aus seiner Trockenplattenfabrik in Frankfurt a. M. in bester Qualität.

---

[1]) Vergl. pag. 5 dieser Abhandlungen.

Die von uns verwendete Cassette stellt ein Kästchen vor, welches im Inneren zwei der Krümmung der Platten entsprechend geformte Metallschienen enthält. Die empfindliche Platte wird auf diese Schienen von zwei an den Seiten angebrachten Metallstücken, welche mittelst Schrauben von aussen zu fixieren sind, niedergedrückt. Beim Biegen der Platten ist Vorsicht und langsames Niederdrücken der Platten auf die gekrümmten Schienen sehr am Platze, indem sonst ein nicht unbeträchtlicher Procentsatz derselben bricht. Selbstverständlich nehmen die photographischen Platten wieder ihre ebene Lage ein, wenn die gewaltsam niedergebogenen Enden wieder freigelassen worden oder mit anderen Worten die Klemmung aufgehoben wird. Im Ausmessapparate liegen die Platten wieder ganz eben. Es können einerseits durch das nicht völlige Anpassen der Platten an die Krümmung des Bildfeldes, andererseits durch Änderungen in der Krümmung der Platten während der Exposition oder mangelhaftes Zurückgehen in die völlig ebene Fläche, bei der Ausmessung kleine Fehler in der Bestimmung der Wellenlänge sich einschleichen, weil dadurch die Vertheilung der Linien auf der photographischen Platte nicht vollständig proportional der Wellenlänge geworden ist. Diese kleinen Fehler, welche an und für sich nicht bedeutend sind, wurden von uns dadurch eliminiert, dass wir stets die Spectren völlig genau bekannter Elemente (Fe, Cd, Zn, Pb) mit genauer Einhaltung aller Vorsichtsmassregeln[1]) neben das zu untersuchende Spectrum photographierten, so dass die beiden Spectrumbilder scharf aneinander stiessen; dann bezogen wir unsere Messungen in kurzen Intervallen auf bekannte Leitlinien und machten so die erwähnten kleinen Abweichungen vollkommen unschädlich.

Ist der Spectrograph annähernd richtig angeordnet, so muss man zur Scharfeinstellung des Spectrums schreiten. Die vorläufige Einstellung geschieht am bequemsten auf optischem Wege mittelst einer Lupe, denn die übereinander gelagerten Spectren erster und zweiter Ordnung liegen in einer und derselben Bildfläche. Dann schritten wir zur schärferen Einstellung auf photographischem Wege unter Anwendung des Flaschenfunkens, welcher zwischen Elektroden aus einer Legierung von Zn, Cd und Pb überspringt, bei welcher Lichtquelle sich die zunehmende Schärfe der Linien bei Erreichung einer präciseren Einstellung leicht erkennen lässt. Die Feineinstellung nahmen wir stets mit Hilfe des Eisenspectrums vor, dessen feine Linien unter dem Mikroskope die präcise Einstellung erkennen lassen, während eine Änderung der Bilddistanz (Einstellung am Gitter) um $\pm$ 1 *mm* sofort eine auffallende Verminderung der Schärfe, eine grössere Verschiebung von 2 bis 3 *mm* aus dem richtigen Focus, sogar Verdoppelung mancher Linien zur Folge hat.

Bei richtiger Einstellung müssen sich dann im Spectrum zweiter Ordnung benachbarte Eisenlinien wie $\lambda \begin{Bmatrix} 3840 \cdot 58 \\ 3841 \cdot 19 \end{Bmatrix}$ oder $\lambda \begin{Bmatrix} 4250 \cdot 93 \\ 4250 \cdot 28 \end{Bmatrix}$ spielend und sehr deutlich als Doppellinien auflösen lassen.

Beim Arbeiten mit derartigen Gitterspectrographen ist die Anwendung eines Condensors unerlässlich. Bei Prismenapparaten können sehr schön definierte Spectren erhalten werden, wenn man, ohne einen Condensor zu verwenden, nur die Vorsicht beobachtet, die Lichtquelle 30 bis 40 *cm* vom Spalte entfernt aufzustellen; die Linien sind von vortrefflicher Schärfe und die Einstellung ist in diesem Falle weit einfacher als mit dem Condensor.

Anders ist es beim Gitterspectrographen; ohne Condensor würde man hier nur ein sehr schmales, kaum einige Millimeter breites Spectrum erhalten, das zu Messungszwecken ungeeignet ist. Am besten sind Quarzcondensoren mit gekreuzten Cylinderlinsen, wie wir selbe über Anrathen des Herrn Dr. V. Schumann seit Längerem mit bestem Erfolge benützten.

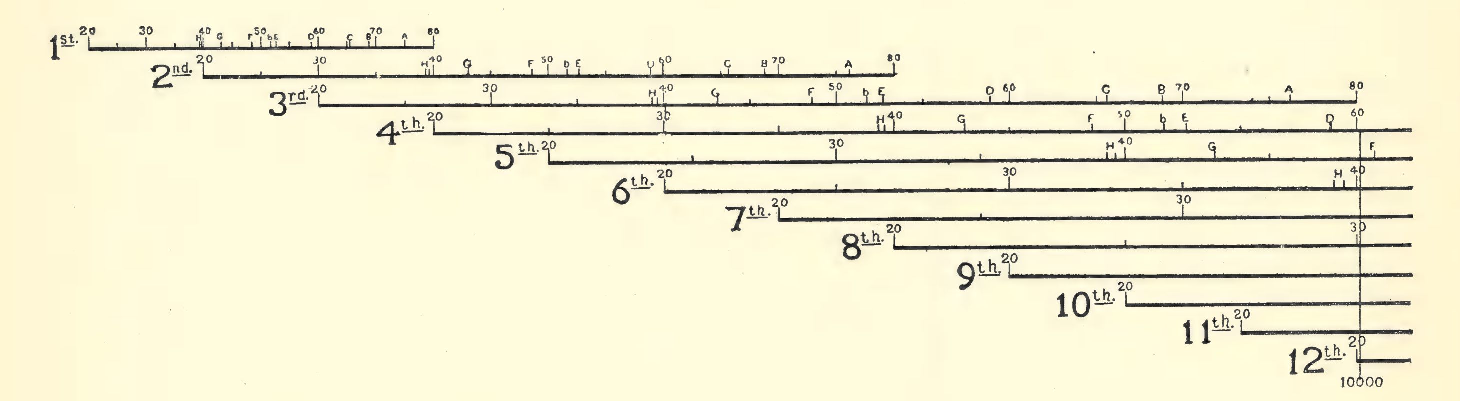
Um die Spectren verschiedener Ordnung zu trennen, sind Lichtfilter erforderlich, welche man vor dem Spalte des Collimatorrohres anbringt.

---

[1]) Dazu gehört Vorsicht gegen Erschütterung, kräftiges Festklemmen der Cassette, thunlichst genaue Einhaltung einer gleichmässigen Temperatur im Arbeitsraume u. s. w.

Aus Fig. 31, welche wir der Abhandlnng von Ames (The concave grating in Theory and Practice [1]) entnehmen, ist die Übereinanderlagerung der einzelnen Spectren zu ersehen. Das Spectrum erster Ordnung ist in der Figur in seiner relativen Länge gegenüber den Spectren zweiter, dritter Ordnung etc. gezeichnet und sind überdies die Wellenlängen von 2000 bis 8000 A. E., sowie die Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums eingetragen. Wie aus dieser Figur unmittelbar hervorgeht, kann man das Spectrum erster Ordnung im Ultraviolett bis *H* photographieren, ohne die Beimischung von Linien zweiter Ordnung befürchten zu müssen. Da wir auf die Photographie des ultravioletten Spectrums erster Ordnung bei der Beschaffenheit unseres Gitters wenig Wert legten, sondern nur auf das sichtbare Spectrum, so wählten wir eine Einstellung, bei welcher Roth von $\lambda = 7000$ bis Ultraviolett erster Ordnung 3800 auf einer Bromsilbergelatine-Platte von 30 *cm* Länge beobachtet werden konnte. Da hierbei das Ultraviolett zweiter Ordnung übergreift, so wurden folgende Glasfilter angewendet: Für eine Erythrosinplatte [2]), welche bis über die Fraunhofer'sche Linie *D* im Orange (bei ca. 6000) empfindlich ist, genügt die Vorschaltung eines gewöhnlichen weissen Glases, welches das ultraviolette Licht zweiter Ordnung bis λ 3000 absorbiert, so dass die Spectren zweiter Ordnung von $\lambda > 3000$ und dasjenige erster Ordnung von $\lambda < 6000$ fast aneinander stossen; tritt bei besonders hellen Spectren ein Übergreifen

Fig. 31.



dieser Grenzzonen ein, so muss ein Lichtfilter aus ordinärem, grünlichen Fensterglase angewendet werden, welches bis λ 3200 absorbiert. Sobald man aber rothempfindliche Cyaninplatten anwendet, so greift in das rothe Spectrum erster Ordnung das Ultraviolett zweiter Ordnung bis λ 3500 über und man muss mit gelben Kohleglasfiltern oder besser mit Filtern aus mit Pikrinsäure gelbgefärbten Gelatine-schichten [3]), welche zwischen planen Gläsern eingekittet sind, arbeiten, welche die Strahlen von $\lambda < 3500$ abfiltrieren. Sobald das sichtbare Spectrum erster Ordnung auf diese Weise photographiert ist, stellen wir den Apparat auf das Spectrum zweiter Ordnung derartig ein, dass Strahlen von $\lambda = 4840$ bis $\lambda = 3280$ auf die Bromsilbergelatine-Platte von 30 *cm* Länge fallen; in dieser Stellung wird ein Theil

[1]) John Hopkins' University Circulars, Nr. 273, 1889.

[2]) Wir benützen stets Erythrosinplatten, welche Dr. Schleussner in Frankfurt a. M. unter dem Namen «orthochromatische Platten» in den Handel bringt. — Zur Photographie des Orangeroth leisten Cyaninplatten gute Dienste, obschon sie wesentlich weniger empfindlich als die vorigen sind.

[3]) Sehr brauchbare Pikrinsäure-Lichtfilter erhält man auf folgende Weise: Man fixiert eine mittelst dünnstem Spiegelglas (oder auch Solinglas) hergestellte photographische Bromsilbergelatine-Platte mit Hilfe von Fixiernatron vollkommen aus, wäscht bestens im fliessenden Wasser und legt sie dann in eine wässerige Lösung von Pikrinsäure, welche bei längerer Wirkungsdauer die Gelatineschicht intensiv färbt; nach dem Waschen und Trocknen erhält man tadellos blanke, intensiv gelbe Platten. Die richtige Intensität der Gelbfärbung ist spectroskopisch zu ermitteln. Unsere Gelatine-Pikrinsäurefilter absorbieren das Blau von $\lambda = 4700$ schon sehr stark, sind aber für Strahlen von $\lambda > 4800$ schon ziemlich gut, für Strahlen von $\lambda > 4820$ aber sehr gut durchlässig. Mit Erythrosinplatten kann man mit Hilfe solcher Filter den Bezirk von $\lambda = 4800$ bis beiläufig 6340 auf einer Platte photographieren, ohne von Spectren höherer Ordnung gestört zu werden.

des sichtbaren Spectrums, nämlich Cyanblau bis Violett, photographiert und dadurch die Resultate des Spectrums erster Ordnung controliert und die Wellenlänge bis ins Ultraviolett festgestellt; als Lichtfilter dient farbloses Fensterglas, welches das Ultraviolett dritter Ordnung abschneidet; nur wenn Spectren in Betracht kommen, welche in der Gegend $\lambda = 3000$ bis $\lambda = 3200$ sehr lichtstark sind[1]), so lagern sich diese Strahlen dritter Ordnung in das Blauviolett zweiter Ordnung und verwirren das Spectrum. In diesem Falle muss man ordinäres, grünliches Fensterglas als Filter verwenden, welches das äusserste Ultraviolett bis zu $\lambda = 3200$ absorbiert. Eine kleine Verschiebung des Apparates gestattet die Aufnahme des Spectrums zweiter Ordnung im äusseren Ultraviolett bis $\lambda = 2400$, in welcher Gegend jedoch das blaugrüne Spectrum erster Ordnung übergreift und nur dadurch eliminiert werden kann, dass man neben einander das Spectrum durch Quarzplattenverschluss, das zweite Mal nur durch weisses Glas aufnimmt.

Die beiden Aufnahmen gemeinsamen Linien in dem Bezirke (zweiter Ordnung) $\lambda = 2400$ bis 2500 gehören dem Blau und Grün erster Ordnung an; jene, welche bei Verwendung von Glasfiltern verschwinden und nur durch Quarz erscheinen, sind ultraviolette Linien zweiter Ordnung. Ferner greift am entgegengesetzten Ende des Spectrums das ultraviolette Spectrum dritter Ordnung ($\lambda < 2600$) in das ultraviolette Spectrum zweiter Ordnung von ca. $\lambda < 3900$ über; es ergibt sich, dass durch den weissen Glasfilter das Spectrum dritter Ordnung complet abfiltriert wird, somit sind die Linien, welche nebeneinander liegenden Aufnahmen an der letztgenannten Seite der Platte mit und ohne Glasfilter gemeinsam sind, ultraviolette zweiter Ordnung und jene, welche durch Glas abfiltriert werden, ultraviolette Linien dritter Ordnung. Die Verwendung von grünlichem Glase ist in diesem Falle überflüssig. Das Orangegelb, Gelb, Grün und Hellblau zweiter Ordnung photographieren wir mittelst Erythrosinplatten und vorgeschaltetem Pikrinsäure-Lichtfilter, wobei wir ungefähr die fünffache Belichtungszeit im Vergleiche mit der für den violetten und ultravioletten Bezirk erforderlichen in Anwendung brachten. Um mittelst Cyaninplatten das Orangeroth zweiter Ordnung zu photographieren, muss man orangegelbe Lichtfilter benützen; wir erzielten mit β-Naphtolorange[2]) sehr gute Resultate. Auf diese Weise führten wir unsere Arbeiten mittelst des Gitterspectrographen durch.

Um nun einen Anhaltspunkt über die Lichtstärke unseres Gitterspectrographen zu geben, erwähnen wir, dass wir im starken Flaschenfunken Metallspectren, wie Cadmium, Zink, Blei, mit Belichtungszeiten von 2 bis 5 Secunden, das Eisenspectrum mit einer Belichtungszeit von ca. $^1/_2$ Minute erhielten, während wir das Spectrum von Stickstoff-Vacuumröhren binnen 5 bis 10 Minuten vom Blau bis weit in das Ultraviolett photographierten, wobei wir einen Quarzcondensor bei einer Spaltöffnung von 0·04 *mm* verwendeten.

Eine Fehlerquelle beim Arbeiten mit dem Gitterspectrographen soll hier noch erwähnt werden; es sind dies die sogenannten «Geister» oder «Gespenster», welche bald als ziemlich scharfe Linien in fast gleichmässigen Abständen (wie bei unserem Gitter[3]), bald (je nach dem Gitter) als einseitige Verbreiterung etc. von sehr intensiven Linien auftauchen und verschiedene Ursachen haben[4]); wir beobachteten sie bei unserem Apparate hauptsächlich im Spectrum zweiter und dritter Ordnung. Bei kurzen Belichtungen bleiben sie aus; ihre stets gleichbleibende Form als Nachbarn starker Linien macht sich kenntlich; trotzdem können durch das Auftreten derselben Irrthümer entstehen, obwohl sie nicht bei allen Gittern gleich

---

[1]) Dies gilt zum Beispiel für das Linienspectrum des Kupfers.

[2]) Eine Gelatineplatte wurde in der bei Pikrinsäure angegebenen Weise intensiv mit einer wässerigen Lösung von β - Naphtolorange gefärbt und getrocknet. Nach dem Verkitten mit einer Pikrinsäureplatte gibt sie sehr sichere Lichtfilter für den obgenannten Zweck.

[3]) Unser Gitter liefert symmetrisch zu beiden Seiten von sehr intensiven Linien je zwei ziemlich scharfe Linien, welche sogenannte «Gespenster» sind.

[4]) S. Kayser in Winkelmann's «Handbuch der Physik», II. Bd., 1. Abth., 1894 (Optik), pag. 405. — Ferner J. Landauer: «Die Spectralanalyse», 1896.

stark auftreten. Wir suchten uns durch vergleichende Aufnahmen mit unserem Prismenspectrographen, welcher diese Art von Fehler bei correcter Einstellung nicht zeigt, zu schützen[1]).

Ausser des Gitterspectrographen bedienten wir uns für das äusserste Ultraviolett, wie bereits erwähnt, des Quarzspectrographen (ein Quarzprisma, Quarzlinse von $^3/_4$ *m* Focus), welcher in diesen Bezirken vorzügliche Dienste leistet und (wenigstens bei den von uns untersuchten Concavgittern) namentlich von $\lambda = 2600$ ab an Helligkeit und scharfer Definition den Gitterspectren überlegen ist.

Wir geben trotzdem die Wellenlängen der mit dem Quarzspectrographen ermittelten Linien nur auf 0·1 A. E. an, weil diese Linien folgende Eigenschaften zeigen: Stellt man auf die mittlere Schärfe bei einer Länge des Spectrums von 20 bis 25 *cm* ein, so kann man eine vorzügliche Mittelschärfe erzielen; jedoch macht sich das Bestreben der sehr hellen, beziehungsweise reichlich belichteten Linien, sich einseitig zu verbreitern, geltend. Diese Erscheinung tritt naturgemäss umso stärker auf, je mehr sich der betreffende Spectralbezirk vom Minimum der Ablenkung entfernt. Es gelingt allerdings bei sorgfältiger empirischer Einstellung, den hier in Betracht kommenden Bezirk $\lambda = 2800$ bis 1900 mit vortrefflicher Schärfe der Linien zu erhalten; allein wir hielten es trotzdem für zwecklos, die Wellenlängen für mehr als 0·1 A. E. anzugeben, sondern rechneten dieselben auf zwei Stellen, setzten aber nur eine Stelle (mit Correctur) in die Tabelle ein. Die mit zwei Decimalstellen angegebenen Wellenlängen sind mittelst des Gitterspectrographen ermittelt.

Spectrum des Kupfers.

Obwohl das Spectrum des Kupfers im elektrischen Flaschenbogen, im Flaschenfunken zwischen Elektroden von metallischem Kupfer, sowie von Kupferlösungen und in der Bunsen'schen Leuchtgasflamme wiederholt beschrieben wurde, ist es doch gegenwärtig nicht möglich, sich ein klares Bild über die Schwankungen des Kupferspectrums bei verschiedenen Temperaturen zu machen. Kayser und Runge haben das Bogenspectrum des Kupfers untersucht[2]), indem sie den elektrischen Flammenbogen zwischen Kupferelektroden von 1 bis 2 cm^2 Querschnitt erzeugten; sie gaben eine sehr erschöpfende und genaue Tabelle der Kupferlinien (304 an der Zahl), von denen sie viele neue fanden und bestimmten. Die Kupferlinien fanden Kayser und Runge im Bogenspectrum fast sämmtlich meistens nach beiden Seiten hin unscharf. Während somit das Bogenspectrum des Kupfers wohl bekannt ist, erscheint die Kenntnis des Funkenspectrums des Kupfers trotz der Untersuchungen von Kirchhoff[3]), Thalén[4]), Lecoq de Boisbaudran[5]), Trowbridge und Sabine[6]) dennoch sehr unvollkommen. Die drei Erstgenannten untersuchten nämlich nur das sichtbare Spectrum und die diesbezüglichen Angaben weisen nicht nur grosse Lücken, sondern auch Ungenauigkeit im blauen und violetten Theile auf, den diese Autoren nur bis $\lambda = 4275$ untersuchten, während die beiden letztgenannten Autoren nur das äusserste Ultraviolett berücksichtigten. Thalén's Untersuchungen im optisch hellen Theile sind auf sehr guten Beobachtungcn basiert; er übersah keine Hauptlinie des Kupferfunkenspectrums und constatierte die Anwesenheit einiger Linien desselben, welche Kayser und Runge im Bogenspectrum nicht fanden, offenbar weil diese Linien erst bei der höheren Temperatur des Flaschenfunkens auftauchen.

Natürlich gibt Thalén nur die hellsten Hauptlinien im sichtbaren Spectrum an, da er sich ja damals der photographischen Beobachtungsmethode nicht bedienen konnte. Die Nebenlinien des Kupfers gab

---

[1]) Eine sichere Methode zur Eliminierung der «Gespenster» aus den Spectralphotographien besteht darin, dass man sich absichtlich durch Aufnahme sehr heller, einzeln stehender Spectrallinien «Gespensterphotographien» erzeugt, diese dann unter die fragliche Platte legt und unschwer diese unwillkommenen Begleiter eliminiert.

[2]) Kayser und Runge: «Spectren der Elemente», 5. Abschn., Abhandl. d. königl. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1892.

[3]) [4]) Die diesbezüglichen Wellenlängen s. Watt's: «Index of Spectra».

[5]) Lecoq de Boisbeaudran, «Spectres lumineux», 1874.

[6]) Proceedings of the American Academy, 1888. Phil. Mag. (5.) XXVII, pag. 342.

Thalén selbst für die von ihm untersuchten Bezirke nicht an, wahrscheinlich deshalb, weil sie vom Luftspectrum stark überwuchert werden; er liess nämlich den Flaschenfunken zwischen Kupferelektroden an der Luft überspringen. Es ist eine Eigenthümlichkeit der Funkenspectren von Kupfer, sowie auch von Silber und Gold, dass die Nebenlinien nur sehr schwach auftreten, die Luftlinien dagegen sehr stark, wenn der Flaschenfunke an der Luft zwischen Kupfer-, respective Silber- oder Goldelektroden überschlägt. Umgibt man die Elektroden dagegen mit einer Wasserstoffatmosphäre, wie wir dies bei unseren Versuchen thaten, so fällt diese Schwierigkeit weg. Hartley und Adeney untersuchten das Funkenspectrum des Kupfers von $\lambda = 3599$ bis $\lambda = 2104$. Der Anschluss an Thalén's Beobachtungen ist somit nicht gegeben, sondern es bleibt eine Lücke von $\lambda = 4275$ bis $\lambda = 3599$.

Die stärker brechbaren Strahlen haben Hartley und Adeney ziemlich vollständig, jedoch nicht erschöpfend bestimmt; allerdings sind die von ihnen angegebenen Werte für die Wellenlängen so ungenau, dass es nicht möglich ist, diese Zahlen mit jenen von Kayser und Runge zu vergleichen; es war aus diesem Grunde unmöglich, durch Vergleichung dieser Zahlen festzustellen, ob die Bogen-, beziehungsweise Funkenspectren unter sich identisch sind oder nicht, respective inwieweit sie von einander verschieden sind. Die Unsicherheit bezüglich der Kenntnisse des Kupferspectrums war so gross, dass es Kayser und Runge nicht gelang, die Beobachtungsresultate ihrer Vorgänger am Kupferfunkenspectrum mit jenen am Kupferbogenspectrum in Einklang zu bringen. Sie schreiben: «im sichtbaren Theile haben wir drei Linien, welche Thalén führt, nicht gefunden: 4955, 4932, 4911; sie sind also entweder dem Funkenspectrum eigenthümlich oder keine Kupferlinien». Im ultravioletten Theile von $\lambda = 2720$ ab fanden Kayser und Runge die Unterschiede zwischen ihren Beobachtungen und jenen von Hartley und Adeney so bedeutend, «dass man nicht weiss, wie man sie einander zuordnen soll».

Trowbridge und Sabine lieferten viel genauere Bestimmungen der Wellenlängen des Kupferfunkenspectrums als Hartley und Adeney[1]), indem sie ein Concavgitter benützten. Leider zogen diese Spectralanalytiker nur einen sehr kleinen Theil des brechbarsten Ultraviolett in den Kreis ihrer Untersuchungen[2]). Trotz der Genauigkeit der Bestimmungen von Trowbridge und Sabine einerseits am Funkenspectrum und von Kayser und Runge andererseits am Bogenspectrum des Kupfers ist selbst bei dem schmalen, von den genannten Forschern gemeinsam gemessenen Bezirke die Zutheilung der correspondierenden Linien mehrmals irrthümlich erfolgt, weil zur Zeit die ziemlich bedeutende Verschiedenheit beider Arten von Spectren nicht bekannt war und dies erst durch unsere Messungen nachgewiesen wurde. Es war deshalb eine gründliche Untersuchung des Kupferfunkenspectrums geboten, wenn man ein richtiges Bild über die Schwankungen der Spectren dieses Metalles bei verschiedenen Temperaturen erhalten will; zugleich war die genaue Kenntnis des Kupferfunkenspectrums uns aus dem Grunde erwünscht, weil dasselbe ein vortreffliches Leit- und Vergleichsspectrum für das äusserste Ultraviolett abgibt.

---

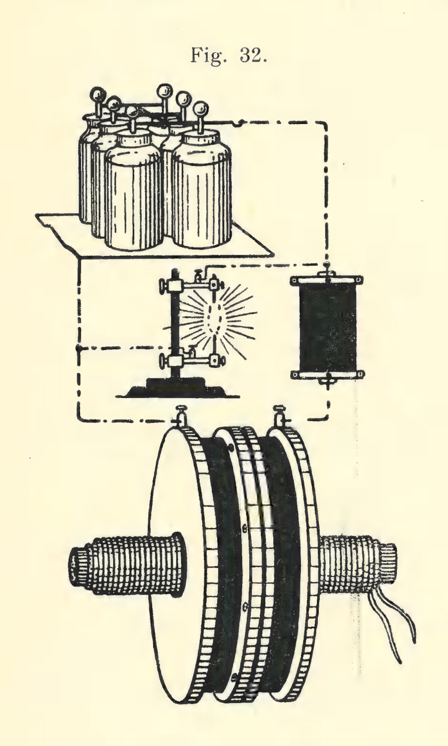
[1]) Hartley und Adeney geben einige ultraviolette Kupferlinien als Doppellinien an, welche weder von uns, noch von Trowbridge und Sabine oder von Kayser und Runge als doppelt beobachtet wurden; wir halten somit diese Doppellinien, welche in unserer Tabelle der Kupferlinien genauer präcisiert sind, für zweifelhaft.

[2]) Erst lange, nachdem unsere Untersuchungen über die Funkenspectren des Kupfers, Silbers und Goldes abgeschlossen waren und wir die vorliegende Abhandlung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 7. November 1895 überreicht hatten, erhielten wir Kenntnis von der Arbeit der Herren Professor Dr. F. Exner und E. Haschek, welche ihre Abhandlung «Über die ultravioletten Funkenspectren der Elemente» am 11. Juli d. J. der Akademie überreicht hatten und die uns durch die Freundlichkeit der Herren Verfasser am 1. December d. J. als Separatabdruck zukam. In der citierten Abhandlung behandeln die Herren Verfasser unter anderen Elementen auch Kupfer und Silber. Diese Arbeit deckt sich mit den von uns durchgeführten und hier veröffentlichten Untersuchungen insoferne, als unsere Arbeit ebenfalls die obgenannten zwei Elemente zum Gegenstande hat; dagegen umfassen unsere Untersuchungen überdies noch Gold, welches von den genannten Forschern nicht untersucht wurde, ferner einen weitaus grösseren Spectralbezirk und sind unsere Tabellen gewiss frei von Luft- und Oxydlinien, indem wir unsere Versuche sowohl an der Luft, als auch in einer reinen Wasserstoff-Atmosphäre durchführten und dadurch in die Lage gesetzt wurden, sowohl Luftlinien, als auch Kupferoxydlinien zu eliminieren. Wir bedienten uns zu unseren Messungen des Mikroskopes, welche Methode wir für genauer als die Projectionsmethode halten, sowie auch unser Gitter bessere Definition der Spectren gegeben zu haben scheint.

Für unsere Untersuchungen über das Funkenspectrum des Kupfers trachteten wir zunächst chemisch reines Metall zu erhalten. Zu diesem Behufe wurde käufliches, reinstes, auf elektrolytischem Wege hergestelltes Kupfer zur Darstellung von absolut reinem Kupfervitriol benützt und mehrmals das Kupfer aus dessen Lösung elektrolytisch ausgefällt, bei welchen Arbeiten uns Herr Professor Dr. J. Oser von der k. k. Technischen Hochschule in Wien und Freiherr v. Hübl vom k. k. militär-geographischen Institute ebendaselbst in freundlichster Weise unterstützten.

Bei unseren Untersuchungen verwendeten wir starke Flaschenfunken, indem wir ein grosses Ruhmkorff'sches Inductorium mit kräftigen Condensatoren in Verbindung brachten und mit einem Gleichstrome von 8 Ampère und 110 Volt speisten, so dass ein enorm heller, sehr kräftiger Funke zwischen den Kupferelektroden entstand. Die Elektroden dürfen in diesem Falle nicht zu dünn sein, da sie sonst glühend werden, dann schlechter leiten und einen unregelmässigen Funken liefern, was übrigens beim Kupfer nicht so störend wie beim Silber auftritt. Bemerkenswert erscheint es uns, dass beim Quarzspectrographen bei Anwendung sehr starker Flaschenfunken die Kupferlinien sich verbreitern und wollig werden, während dies beim Gitterspectrum nicht der Fall ist. Lässt man den Funken zwischen Kupferelektroden an der Luft überschlagen, so treten, wie bereits erwähnt wurde, die Luftlinien in sehr störender Weise auf und machen bei ihrer grossen Anzahl und Helligkeit die Erkennung schwacher Kupferlinien unsicher. Deshalb liessen wir den Funken in einer Atmosphäre von Wasserstoff überschlagen, indem die Elektroden in einem mit Quarzfenstern versehenen, geräumigen Glasballon angebracht wurden, durch welchen während der unter Umständen mehrstündigen Belichtungszeit reines, über Schwefelsäure und Phosphorpentoxyd getrocknetes Wasserstoffgas langsam geleitet wurde[1]). Die Farbe des Kupferfunkens in der Wasserstoffatmosphäre ist eine andere als jene des Funkens an der Luft und die Elektroden belegten sich nach sechsstündigem Durchschlagen des Funkens mit einem schwarzen, pulverartigen Beschlage, welcher auch allmählich sich an den Wandungen des Ballons absetzte, ohne jedoch (bei unserer Versuchsanordnung) das Quarzfenster des Ballons zu verlegen, welches in einem rohrförmigen Ansatzstücke am Ballon angebracht war.

Fig. 32.



Da das Kupferspectrum viel lichtärmer als das Spectrum von Cadmium, Zink, Blei etc. ist, so muss man stundenlang unter Anwendung der kräftigsten Flaschenfunken belichten, um alle schwachen Linien unserer Tabelle zu erhalten. Sehr kräftige lichtstarke Funken erhält man auch unter Verwendung von Wechselströmen, und wir bedienten uns bei einer zweiten Versuchsreihe dieses Stromes und zwar eines Wechselstromes von 25 Ampère und 70 Volt, welcher mit Hilfe einer Wood'schen Inductionsrolle[2]) für Wechselströme auf hohe Spannung transformiert und durch Einschaltung von sechs grossen Plattencondensatoren für unsere Zwecke brauchbar gemacht wurde. Die erwähnte einfache Inductionsrolle, welche nach den Angaben des Herrn Hofrathes Professor Dr. von Lang von einer Wiener Firma für unsere Zwecke gebaut wurde, gibt bei Einschaltung der entsprechenden Anzahl Leydener-Flaschen oder Plattencondensatoren, wie dies Fig. 32 zeigt, sehr kräftige und lichtstarke Funkenbüschel, jedoch erhitzen sich

[1]) Zur Beseitigung von Arsen- oder Schwefelwasserstoff schalteten wir eine Waschflasche mit Silbersulfat ein.

[2]) Diese Inductionsrolle besteht aus einem cylindrischen weichen Eisenkerne von 15″ Länge und 2″ Durchmesser. Derselbe ist aus sogenannten «Kerndrähten» gefertigt. Um dieses Drahtbündel sind isoliert zwei Lagen doppelt übersponnener Magnetdraht Nr. 6 gewunden, welcher als primäre Rolle functioniert. Die secundäre Rolle ist in ihrer Form ganz verschieden von derjenigen,

selbst mehrere Millimeter dicke Elektroden in kürzester Zeit so stark, dass sie weissglühend werden und abschmelzen. Diesem Übelstande haben wir dadurch abgeholfen, dass wir während der Functionierung des Apparates einen kräftigen Strom kalter Luft über die Elektroden streichen liessen, wodurch dieselben so weit abgekühlt werden, dass sie höchstens schwachroth glühen; auch wird der Funke (zufolge des raschen Zerreissens desselben durch den Luftstrom) bedeutend heller. Man muss jedoch die Vorsicht gebrauchen, den Luftstrom früher eine mit Baumwolle gefüllte Woulf'sche Flasche passieren zu lassen, wodurch fremde Staubpartikelchen zurückgehalten werden.

Zunächst interessierte uns der Charakter dieser Art Spectren, von denen wir nicht wussten, ob sie mehr zum Bogenspectrum oder zum gewöhnlichen Funkenspectrum hinneigen. Bei Verwendung von Cadmiummetall-Elektroden konnten wir uns aber sofort überzeugen, dass der Wechselstrom mit genanntem Inductionsapparate ein ziemlich reines Funkenspectrum liefert. Das Verhalten des Cadmiums[1]) ist derart charakteristisch, dass man zum Beispiel durch Beobachtung des Auftretens der Cadmiumlinien $\lambda = 4415$ und $\lambda = 4313$ u. a. (s. unsere Tabelle des Cadmiumspectrums) sofort die Kriterien vor sich hat, ob das betreffende Spectrum zum Charakter des Funken- oder Bogenspectrums neigt.

Auch im ultravioletten Funkenspectrum des Kupfers finden sich Hauptlinien, welche im Bogen fehlen. Dieselben sind derartig charakteristisch für das Funkenspectrum, dass man aus dem Auftreten dieser Linien auf den Charakter des Spectrums schliessen kann, zum Beispiel:

Gruppe: $\lambda = 2713 \cdot 82$, $2703 \cdot 48$, $2701 \cdot 34$, $2689 \cdot 66$ ($i = 8$ bis 10) und

Gruppe: $\lambda = 2609 \cdot 43$, $2600 \cdot 51$, $2599 \cdot 15$, welche nur im Funkenspectrum vorkommt, während die benachbarte Linie $\lambda = 2618 \cdot 46$ beiden Spectren gemeinsam ist; ferner $\lambda = 2545 \cdot 08$ (10), $2529 \cdot 60$, $2506 \cdot 50$, $2489 \cdot 75$, $2473 \cdot 6$ und verschiedene noch stärker brechbare Linien, welche nur im Funken vorkommen (s. unsere Tabellen).

Es zeigte sich nun durch Übereinanderphotographieren des mittelst Gleichstromes erhaltenen Spectrums einerseits und des Spectrums, welches mit Hilfe von Wechselstrom und Transformator erhalten wurde, dass beide wohl nicht identisch, aber sehr ähnlich sind[2]) (dasselbe beobachteten wir bei Silberelektroden).

Bei Anwendung des Wechselstromes mit Hilfe der beschriebenen Wood'schen Inductionsrolle konnten wir aber nur an der atmosphärischen Luft arbeiten. Das dabei auftretende Luftspectrum zeigte eine andere Helligkeit als beim Ruhmkorff'schen Inductorium, indem sie beim starken Flaschenfunken des letzteren stärker war als bei jenem. Die beim oberflächlichen Beobachten der Kupferspectren beider Arten an der Luft bemerkbaren Verschiedenheiten sind grossentheils auf Rechnung des mit anderer Intensität auftretenden Luftspectrums zu setzen. Übrigens werden die Luftlinien von $\lambda < 3000$ sehr schwach, sie treten zurück und das stark brechbare ultraviolette Metallspectrum tritt klar hervor. Wir reducierten unsere Angaben der Wellenlängen auf Rowland's Normalspectren, welche auch Kayser

---

welche die Verfertiger von Inductionsrollen in der Regel adoptieren. Sie erstreckt sich nicht über die ganze Länge der primären Spule, sondern ist in deren Mitte angebracht, um die Wirkung der Enden der primären Rolle nicht zu beeinträchtigen. Sie ist auf einer Doppelspule von 14'' Durchmesser und 6'' Weite aufgewunden. Diese Doppelspule wird mit baumwollübersponnenem Magnetdraht Nr. 30 (0·26 *mm* Durchmesser) überwunden, die einzelnen Windungen und Lagen sind durch Paraffin isoliert. Die Rolle wird mit einer Anzahl grosser Leydenerflaschen in der Weise, wie dies in Fig. 32 ersichtlich ist, in Verbindung gebracht und es kann die Wirkung noch dadurch erhöht werden, wenn man, wie es die Figur zeigt, noch eine Rolle von hohem Widerstand in den Stromkreis einschaltet, wie zum Beispiel die secundäre Rolle eines mittelgrossen Ruhmkorff'schen Inductoriums («Praktische Physik», Monatsschrift von M. Krieg, 1893, pag. 80).

[1]) Vergl. pag. 109 dieser Abhandlungen.

[2]) Ganz identisch sind die mittelst Ruhmkorff'schen Inductoriums oder einer Wood'schen Inductionsrolle erzeugten Spectren nicht. Ersteres gibt in der Regel schärfere Linien; doch ist in einzelnen Fällen das Gegentheil der Fall. Die Umkehrungsphänomene treten leichter bei der Wood'schen Spule auf und die einseitigen Verbreiterungserscheinungen vieler Kupferlinien kann man in letzterem Falle häufig in vollkommener Analogie mit dem Bogenspectrum beobachten, während die mit dem Ruhmkorff'schen Inductorium erhaltenen entsprechenden Linien häufig scharf sind und nur ein kleiner Theil diese ausgesprochen einseitige Verbreiterung aufweist.

und Runge ihren Untersuchungen zu Grunde legten; es sind somit unsere Zahlen und die Kayser und Runge'schen Zahlen direct vergleichbar, während dies bei den Zahlen von Thalén und von Hartley und Adeney nicht der Fall ist.

Die Messungen von Kayser und Runge stimmen so vollständig mit unseren Messungen am Gitterspectrum überein, dass wir ohne Bedenken die Wellenlängen Kayser und Runge's als äusserst präcise und vollkommen genau annehmen können.

Allerdings haben diese Zahlen nur für das Bogenspectrum des Kupfers Giltigkeit und nicht für das Funkenspectrum; man muss dies wohl beachten, denn besonders im äussersten Ultraviolett sind die Verschiedenheiten der Kupferlinien sehr auffallende. In vielen Fällen fanden wir die Coïncidenz zahlreicher Hauptlinien des Kupfers im Bogen- und Funkenspectrum als ganz unzweifelhaft und nahmen in solchen Fällen die Kayser und Runge'schen Zahlen unmittelbar in unsere Tabellen auf, sobald wir die sichere Überzeugung hatten, dass der Beobachtungsfehler unter 0·05 A. E. liege. Diese sichergestellten Linien benützten wir neben dem Vergleichsspectrum von Cd, Zn und Pb als Normallinien zur Ermittlung der anderen Linien, deren Wellenlängen nach unseren eigenen Bestimmungen berechnet und in die Tabelle eingesetzt wurden.

Gehen wir nun auf die Resultate unserer Wellenlängenmessungen im Funkenspectrum des Kupfers ein, deren endgiltige Zahlen in der später folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Intensität der Linien von 1 bis 10 ist derart bezeichnet, dass die stärksten Linien mit $i = 10$, die schwächsten mit $i = 1$ bezeichnet wurden (in Übereinstimmung mit Watt's «Index of Spectra» und mit unseren früheren Angaben).

Unsere Tabelle spricht für sich selbst, so dass wir nur hervorheben wollen, dass wir im Funkenspectrum des Kupfers über 500 Linien ausmassen, wovon beiläufig 200 sich auch in den Kayser und Runge'schen Tabellen über das Bogenspectrum finden, ein Theil als früher schon erkannte Cu-Linien des Funkenspectrums nachgewiesen und über 100 neu entdeckt sind.

Das Bogenspectrum des Kupfers zeigt, wie erwähnt, die Eigenschaft, dass fast alle Linien verschwommen, verbreitert und unscharf sind (Kayser und Runge).

Das Funkenspectrum des Kupfers weist zwar auch viele verschwommene, verbreiterte Linien auf, aber daneben eine gewisse Anzahl scharfer Linien, welche insbesondere im stärker brechbaren Theile und speciell im äussersten Ultraviolett in grosser Zahl kräftig hervortreten, während im sichtbaren Theile die verbreiterten, verschwommenen Linien überwiegen. Wegen der schönen Definition im brechbarsten Theile des Spectrums ist daher das Kupferfunkenspectrum als Vergleichsspectrum daselbst vorzüglich geeignet und leistet im äussersten Ultraviolett dieselben Dienste, wie das Eisenspectrum in den weniger brechbaren Spectralbezirken.

Das erwähnte verschwommene Aussehen vieler Kupferlinien und die Thatsache, dass Kupferoxyd ein ihm eigenthümliches verschwommenes Spectrum gibt, legt die Vermuthung nahe, dass die unscharfen Kupferlinien vielleicht Oxydlinien oder schmale Oxydbanden seien. Darüber geben unsere Versuche über das Kupferfunkenspectrum in einer Wasserstoffatmosphäre Aufschluss, bei denen das Auftreten von Oxydbanden ausgeschlossen ist, während beim Überspringen des Funkens an der Luft sich wohl Kupferoxydlinien beimengen können.

Der Vergleich mit Kayser und Runge's und Thalén's Angaben zeigt, dass fast alle dieser verschwommenen Linien auch bei Abwesenheit von Sauerstoff auftreten und somit dem elementaren Kupfer zuzuschreiben sind. Man sieht viele Linien im Bogen umgekehrt, im Funkenspectrum dagegen nur wenige; dies rührt wohl daher, dass im ersteren Falle eine dichte Dampfhülle um den Lichtbogen sich findet, während im Funken geringere Metallmengen verdampft werden. Trotzdem muss constatiert werden, dass sich auch im Funken immerhin noch einige umgekehrte Linien finden, welche auch im Bogenspectrum vorkommen, während andere nur im Bogenspectrum sich finden, dagegen im Funken

als mehr oder weniger dünne, schwache oder auch verbreiterte Linien (ohne Umkehrung) auftreten. Dieses Phänomen dürfte die betreffenden Linien besonders charakterisieren und vielleicht ihre Zusammengehörigkeit bedeuten. Die im Bogenspectrum leicht umkehrbaren Linien, welche im Funken mit ähnlichem Charakter auftreten, dürften besonders charakteristischen, bei Temperaturschwankungen wenig veränderlichen Atom-Oscillationen zukommen, während die anderen bei steigender Temperatur zurückzutreten scheinen.

Das Kupfer hat den charakteristischen Theil seines Spectrums im Ultraviolett besonders im stärkst brechbaren Theile. Im sichtbaren Spectrum sind nur die beiden gelben Linien $\lambda = 5782$ und 5700, ferner die drei grünen Linien $\lambda = 5220$, 5153 und 5105 charakteristisch. Die grüne Doppellinie $\lambda \begin{cases} 5220, & i = 6 \\ 5218, & i = 10 \end{cases}$ erscheint bei geringer Dispersion einfach, weil die intensivere und verbreiterte Hauptlinie mit der schwächeren Linie zusammenzufliessen scheint. Thalén, sowie Kirchhoff sahen diese Linie nur einfach, Kayser und Runge erkannten sie im Bogenspectrum als doppelt und wir konnten sie auch im Funkenspectrum stets mit Leichtigkeit als Doppellinie mit denselben Intensitätsverhältnissen und identischen Wellenlängen nachweisen; bemerkenswert erscheint, dass die im Bogenspectrum leicht umkehrbare Cu-Hauptlinie 5218·45 auch eine der wenigen im Funkenspectrum leicht umkehrbaren Cu-Linien ist, während die Nachbarlinie 5220·25 in den beiden Fällen nicht umgekehrt auftritt.

Die blauen und violetten Linien sind für das Auge wenig charakteristisch. So erscheint zum Beispiel die violette Linie $\lambda = 4275$ dem Auge schon schwach, ist jedoch im photographierten Spectrum eine Hauptlinie sowohl für den Bogen als auch für den Funken (im ersteren ist sie umgekehrt, im letzteren nicht). Dasselbe gilt von der etwas schwächeren Linie $\lambda = 4062$. Die eigentlichen charakteristischen Hauptlinien aber liegen im Ultraviolett und zwar sind solche Hauptlinien, welche sowohl dem Bogen als auch dem Funken angehören, $\lambda = 3308$, 3274, 3247, dann 2492 u. a. (s. Tabelle). Eine ganze Gruppe von Hauptlinien im Cu-Funkenspectrum sind für dieses allein charakteristisch und fehlen im Bogenspectrum, zum Beispiel $\lambda = 2689$, 2666, 2600, 2545, 2506, 2489 u. a. (s. Tabelle).

Eine Anzahl von Cu-Linien, welche Kayser und Runge im Bogenspectrum als starke Hauptlinien anführen, verblassen im Funkenspectrum oder fehlen ganz; oft tritt auch das Entgegengesetzte ein.

Der Grund des Fehlens mehrerer Linien bei unseren Beobachtungen am Funkenspectrum ist nach unserer Ansicht keinesfalls mangelhaften Beobachtungsmethoden zuzuschreiben, sondern die Dispersion sowohl als auch die Definition des Spectrums war bei unserem Apparate eine derartige, dass wir diese Linien bei einer grossen Anzahl von Spectrumphotographien, welche aufgenommen wurden, hätten unbedingt beobachten müssen. Wir belichteten reichlich sowohl mit Ruhmkorff-Funken unter Verwendung von Gleichstrom und einer grösseren Anzahl Leydener-Flaschen, als auch mit dem Wechselstrom-Inductorium-Funken, wobei grosse Condensatoren zur Verwendung gelangten und erhielten sogar weit detailreichere Funkenspectren als Bogenspectren. Die Nachforschung nach derartig zweifelhaften Linien gelang insbesondere im stark brechbaren Ultraviolett mit grosser Sicherheit, weil in diesem Bezirke die Linien besonders scharf sind, was bei zahlreichen Linien im weniger brechbaren Theile nicht der Fall ist, weshalb dort ein Übersehen stark verschwommener Cu-Linien leichter vorkommen kann. Zu den Kayser und Runge'schen ultravioletten Cu-Linien im Bogenspectrum, welche wir im Funkenspectrum vergeblich suchten, gehören die Linien: $\lambda = 2345·6$, 2282·2, 2240·9, 2238·5, 2236·4, 2178·9, 2171·9, 2169·5, 2068·5, 2061·8, 2025·1.

Ob diese Linien vielleicht dem von Kayser und Runge verwendeten unreinen Kupfer, respective den in diesem etwa enthaltenen fremden Substanzen zuzuschreiben sind oder nur bei der niedereren Temperatur des Bogenlichtes auftreten, nicht aber in der höheren Temperatur des Funkens, vermögen wir nicht zu entscheiden. Es ist aber wahrscheinlich, dass eine grössere Anzahl von Cu-Linien, welche Kayser und Runge im Bogenspectrum fanden, auch thatsächlich vorhanden ist und erst bei der höheren Temperatur

des Funkens verschwindet, um einer reichlichen Anzahl neuer Linien Platz zu machen. Jedoch tritt dieser Rückgang der Intensität von Hauptlinien des Cu-Bogenspectrums bei weitem nicht so häufig auf, als das Anwachsen der Intensität und Schärfe von Cu-Linien im Flaschenfunken, welche im Bogenspectrum schwach und verschwommen erscheinen; letzteres tritt namentlich bei den kurzwelligen Strahlen des Funkenspectrums ein, welches an Linienreichthum dem Bogenspectrum überlegen ist.

Diese Verhältnisse gehen aus unseren Tabellen, welche unsere Wellenlängen des Funkenspectrums, sowie zum bequemeren Vergleiche auch die Kayser und Runge'schen Messungen des Bogenspectrums enthalten, hervor.

Das Auftreten heller Spectrallinien an Stelle anderer nahe benachbarter, je nachdem man sich des Bogen- oder Funkenspectrums bedient, ist eine von uns beim Kupfer, Silber und Gold nachgewiesene Erscheinung. Wir haben schon gelegentlich unserer Untersuchungen des Cadmiumspectrums gezeigt, dass Doppellinien existieren, deren eine Componente zum Beispiel im Bogenspectrum stark ist, während sie im Funkenspectrum verschwindet, wogegen bei der anderen Componente das Gegentheil stattfindet[1]). Beim Cadmium sind diese Doppellinien so weit von einander entfernt, dass mit Apparaten von mässiger Dispersion das Phänomen erkannt werden kann. Liegen aber solche variable Linien sehr nahe, so dass ihre Entfernung von einander nur 1 A. E. oder noch weniger beträgt, so sind Verwechslungen leicht möglich. In einigen Fällen haben wir sehr genaue Messungen angestellt, um uns von der Nichtcoïncidenz solcher benachbarter Linien im Bogenspectrum einerseits und im Funkenspectrum andererseits zu überzeugen. Zum Beispiel bei der Cu-Linie $\lambda = 2025{\cdot}14$ im Bogen und $2025{\cdot}70$ im Funken oder $2016{\cdot}76$ und $2016{\cdot}0$ u. s. w. (s. Tabelle).

Vergleicht man die im Bogenspectrum auftretenden Kupferlinienpaare mit nahezu constanter Schwingungsdifferenz, welche Kayser und Runge nach Serien berechneten und anordneten, so ergeben sich folgende Resultate:

{ 5782, 5700 } { 5220, 5218, 5153 } { 4531, 4480 }

{ 4063·5 fehlt im Funken, 4062·8, 4022·9 } { 4056 fehlt im Funken, 4015 „ „ „ } { 3861, 3825 fehlt im Funken }

{ 3688 fehlt im Funken, 3654 } { 3274, 3247 }

Einige dieser Serien scheinen also bei der höheren Temperatur des Funkens nicht vorhanden zu bleiben und es zeigt sich auch keine Gemeinsamkeit der verschwindenden lang- und kurzwelligen Strahlen. Ob die fehlenden Linien bei sehr langen Belichtungen nicht dennoch zum Vorschein kommen, können wir nicht bestimmt entscheiden, jedenfalls müssen dieselben dann äusserst lichtschwach sein, da sie unseren Beobachtungen sonst kaum entgangen wären.

Vergleicht man die Bogen- und Funkenspectren mit den Kupferflammenspectren, welche in der Bunsenflamme auftreten (von Lecoq de Boisbaudran beobachtet), so ergiebt sich, dass:

1. Der niedrigsten (in der Bunsenflamme herrschenden) Temperatur die Kupferlinien 5782, 5218 und 5105 entsprechen;

2. der etwas höheren Temperatur des zwischen mit Kupferchlorid getränkten Elektroden überspringenden schwachen Funkens genau dieselben Linien nebst einem Zuwachs von Cu $\lambda = 5700$, 5292, 5153, 4704, 4651 und 4275 (Lecoq) zukommen;

---

[1]) Vergl. pag. 109 dieser Abhandlungen.

3. alle diese Linien sich ebensowohl im Bogen-, als auch (bei den höchsten Temperaturen) im Funkenspectrum vorfinden, also als constante, dem Kupfer bei den verschiedensten Temperaturen eigenthümliche Linien angesehen werden müssen;

4. im Bogenspectrum viel mehr Linien als in dem sub 1 und 2 geschilderten Falle auftreten, was namentlich für die stärker brechbaren Strahlen gilt. Als besonders charakteristische Linien heben wir ausser den sub 1 und 2 erwähnten Linien hervor $\lambda = 4062, 3308, 3275, 3247, 2392$ u. a.;

5. im Funkenspectrum alle sub 1, 2 und 3 genannten Hauptlinien gleichfalls als Hauptlinien auftreten; daneben treten aber noch viele sehr intensive neue Linien auf, welche im Bogen- und Flammenspectrum fehlen, während einige starke Cu-Linien des Bogenspectrums bei der hohen Temperatur des Flaschenfunkens zurücktreten oder verschwinden. Mit Bezug auf diese Erscheinungen muss das Cu-Spectrum als ein je nach der Temperatur ziemlich stark schwankendes Spectrum bezeichnet werden.

In den nachfolgenden Tabellen theilen wir die Resultate unserer Messungen am Funkenspectrum des Kupfers mit und fügen, zur Erleichterung der Vergleichung mit den Wellenlängenmessungen anderer Beobachter, die von Kayser und Runge, Thalén, Hartley und Adeney, Trowbridge und Sabine gefundenen Zahlen bei; dabei ist zu bemerken, dass die Kayser und Runge'schen und Trowbridge und Sabine'schen Zahlen, sowie die unseren auf Rowland's Normalspectrum bezogen wurden, während die Angaben Thalén's, sowie Hartley und Adeney's bekanntlich sich auf ältere Normalspectren beziehen. Inwieweit diese von einander abweichen, geht unmittelbar aus der Tabelle hervor.

Funkenspectrum des Kupfers.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		6381·1	6	scharf	6380·0	8	Thalén
—	—		6219·5	4	„	6218·5	2	„
5782·30	8		5782·30	8	„	5781·4	8	„
—	—		5768·65	1	verschwommen, verbreitert	—	—	
—	—		5760·49	1	„	—	—	
5732·53	1		5732·50	1	„	—	—	
5700·39	8		5700·39	6	scharf	5700·5	10	„
—	—		5696·68	3	verbreitert	—	—	
—	—		5685·03	1	„	—	—	
—	—		5679·42	3	scharf	—	—	
—	—		5675·85	2	verbreitert	—	—	
—	—		5672·92	2	stark verbreitert	—	—	
—	—		5668·77	2	verbreitert	—	—	
—	—		5666·62	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5663·52	1	verschwommen	—	—	
—	—		5652·16	4	verbreitert	—	—	
5646·93	1	sehr unscharf	5646·13	3	„	—	—	
—	—		5644·39	1	sehr undeutlich	—	—	
—	—		5639·50	1	„	—	—	
—	—		5635·04	2	stark verbreitert[1])	—	—	
—	—		5636·84	1	„	—	—	
—	—		5624·71	1	„	—	—	
—	—		5621·17	3	verbreitert	—	—	
—	—		5618·70	3	„	—	—	
—	—		5608·83	3	scharf	—	—	
—	—		5574·10	3	etwas verbreitert	—	—	
—	—		5571·47	1	undeutlich	—	—	
—	—		5566·35	3	ziemlich scharf	—	—	

[1]) Von uns nur am Kupferfunken an der Luft mittelst Wood's Inductorium beobachtet.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		5563·83	2	ziemlich scharf	—	—	
5555·16	4		5555·15	2	verbreitert	—	—	
—	—		5543·11	2	„	—	—	
5536·06	4	verbreitert	5535·90	3	stark verbreitert	—	—	
—	—		5500·09	2	scharf	—	—	
—	—		5498·14	2	„	—	—	
—	—		5495·12	4	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5487·30	3	„	—	—	
—	—		5475·49	2	undeutlich	—	—	
—	—		5472·00	3	verbreitert	—	—	
—	—		5463·55	4	„	—	—	
—	—		5460·25	2	„	—	—	
—	—		5456·02	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5453·93	1	undeutlich	—	—	
—	—		5450·62	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5440·90	1	ganz verschwommen	—	—	
—	—		5438·79	4	scharf	—	—	
5432·30	3	sehr unscharf	5432·26	2	verbreitert	—	—	
—	—		5429·01	1	,,	—	—	
—	—		5422·93	1	,,	—	—	
—	—		5418·61	4	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5410·97	2	verbreitert	—	—	
5408·56	2	„	5408·55	3	verschwommen	—	—	
5391·89	4	„	5391·92	2	„	—	—	
—	—		5389·70	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5380·75	3	„	—	—	
—	—		5369·63	3	„	—	—	
5360·22	2		5360·20	2	scharf[1])	—	—	
—	—		5357·27	2	sehr verschwommen, unsicher	—	—	
5355·20	2	„	5355·10	1	„[1])	—	—	
5352·87	2		5352·85	1	„	—	—	
—	—		5340·71	1	verbreitert	—	—	
—	—		5338·19	1	„	—	—	
—	—		5325·38	3	scharf	—	—	
—	—		5317·60	4	verbreitert	—	—	
—	—		5309·41	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5295·71	2	scharf	—	—	
5292·75	6		5292·75	6	„	5292·1	8	Thalén
—	—		5287·66	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5285·77	2	„	—	—	
—	—		5282·34	2	verbreitert	—	—	
—	—		5270·13	1	ziemlich scharf[1])	—	—	
—	—		5268·38	3	„	—	—	
—	—		5255·62	1	„	—	—	
5250·78	2	verbreitert	5250·82	2	verschwommen	—	—	
—	—		5232·80	2	ziemlich scharf	—	—	
5220·25	6		5220·25	6	scharf } [2])	5217·3	10	„
5218·45	10	umgekehrt	5218·45	10	kräftig umgekehrt }	—	—	
—	—		5208·37	2	scharf	—	—	
—	—		5203·74	3	„	—	—	
5201·10	4	verbreitert	5201·14	2	verschwommen	—	—	
5158·53	1	„	—	—		—	—	
5153·33	8	umgekehrt; unscharf	5153·40	10	kräftig, umgekehrt	5152·8	—	„
5144·35	2	verbreitert	5144·40	1	scharf	—	—	
—	—		5139·03	2	verschwommen	—	—	

[1]) S. Note auf pag. 175.

[2]) Beide Linien scheinen bei geringer Dispersion in eine zusammenzufliessen; sie sind aber deutliche Doppellinien.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		5133·86	1	verschwommen	—	—	
—	—		5130·97	1	scharf	—	—	
—	—		5124·70	1	Mitte einer verschwommenen Doppellinie	—	—	
—	—		5120·00	2	scharf	—	—	
—	—		5112·18	2	„	—	—	
5105·75	8	umgekehrt	5105·75	8	„	5105·0	10	Thalén
—	—		5095·08	2	unscharf	—	—	
—	—		5094·29	2	„	—	—	
—	—		5089·54	2	„	—	—	
5076·42	2	verbreitert	5076·49	1	„	—	—	
—	—		5067·33	2	stark verbreitert	—	—	
—	—		5060·86	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5059·58	1	sehr verbreitert	—	—	
—	—		5053·02	2	verschwommen	—	—	
5034·48	1	„	5034·49	1	„	—	—	
—	—		5016·99	2	„	—	—	
—	—		5013·40	2	„	5011·5	4	„
—	—		5007·49	1	scharf			
—	—		5005·38	2	„	—	—	
—	—		5001·50	1	„	—	—	
—	—		4985·94	2	verschwommen	—	—	
—	—		4954·83	4	„	4955·6	6	„
—	—		4945·17	1	„	—	—	
—	—		4938·56	1	sehr verbreitert	—	—	
—	—		4932·86	4	„	4932·6	6	„
—	—		4927·66	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4921·82	1	verschwommen	—	—	
—	—		4919·65	1	unsicher	—	—	
—	—		4913·98	1	„	—	—	
—	—		4910·77	3	verschwommen	4911·6	6	„
4866·38	2		4889·89	2	ziemlich scharf	—	—	
4794·23	2	sehr unscharf	4867·33	2	ganz verschwommen	—	—	
—	—		4856·48	1	sehr unsicher	—	—	
4767·69	2	„	4767·74	1	unsicher	—	—	
—	—		4758·61	2	verschwommen	—	—	
—	—		4748·85	2	ziemlich scharf	—	—	
4704·77	8		4704·76	5	scharf	4703·1	6	„
4697·62	4	„	4697·83	3	verschwommen	—	—	
—	—		4683·35	2	sehr verschwommen	—	—	
4674·98	6	verbreitert	4674·98	6	scharf	—	—	
4651·31	8		4651·29	8	„	4650·7	6	„
—	—		4649·31	2	„	—	—	
4642·78	2	sehr unscharf	4643·05	2	verbreitert	—	—	
—	—		4634·47	1	verschwommen	—	—	
—	—		4630·77	4	scharf	—	—	
—	—		4623·26	1	undeutlich	—	—	
—	—		4621·52	2	scharf	—	—	
—	—		4614·30	2	unscharf	—	—	
—	—		4607·45	2	scharf	—	—	
—	—		4601·80	2	„	—	—	
4587·19	10	sehr unscharf	4587·17	8	„	—	—	
—	—		4555·94	1	sehr verschwommen	—	—	
4539·98	8	umgekehrt, verbreitert	4539·60	3	verbreitert	—	—	
4531·04	8	„	4530·98	2	ziemlich scharf	—	—	
4513·39	2	verbreitert	—	—		—	—	
4509·60	4		4509·50	4	verbreitert	—	—	
4507·62	6	sehr unscharf	4507·77	1	sehr verschwommen	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		4505·65	1	sehr verschwommen	—	—	
—	—		4492·57	2	sehr verbreitert	—	—	
4480·59	8	umgekehrt	4480·52	3	„	—	—	
4415·79	6	verbreitert	4416·06	1	„	—	—	
4397·42	1	sehr unscharf	—	—		—	—	
4378·40	8	umgekehrt	4378·30	1	verschwommen	—	—	
4354·91	2	unscharf	—	—		—	—	
4336·17	2	„	—	—		—	—	
4329·00	2	„	—	—		—	—	
4275·32	8	umgekehrt	4275·36	10	scharf	4275·0	4	Thalén
4267·48	1	verbreitert	—	—		—	—	
4259·63	6	„	4260·17	1	verschwommen	—	—	
4253·53	2	„	—	—		—	—	
4249·21	4	„	4249·17	3	verbreitert	—	—	
4242·42	2	unscharf	—	—		—	—	
4231·20	1	„	4228·37	1	undeutlich	—	—	
4177·87	4	verbreitert	4177·92	2	verbreitert	—	—	
4123·38	2	„	—	—		—	—	
4080·70	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
4073·28	2	„	—	—		—	—	
4063·50	1	unscharf	—	—		—	—	
4062·94	10	unscharf nach Roth	4062·89	7	unscharf nach Roth	—	—	
4056·8	2	unscharf «Violett»	—	—		—	—	
—	—		4043·70	3	scharf	—	—	
4022·83	10	unscharf nach Roth	4022·91	4	„	—	—	
4015·8	6	unscharf nach Violett	—	—		—	—	
4010·96	5	sehr unscharf	—	—		—	—	
4003·18	5		—	—		—	—	
—	—	hier liegen einige schwache Linien	—	—		—	—	
—	—		—	—		—	—	
—	—		3983·31	1	verschwommen	—	—	
—	—		3981·84	1	„	—	—	
—	—		3979·74	1	„	—	—	
—	—		3962·77	1	„	—	—	
—	—		3959·60	1	„	—	—	
—	—		3954·98	1	„	—	—	
—	—		3952·02	1	„	—	—	
—	—		3948·18	1	„	—	—	
—	—		3934·15	2	scharf	—	—	
3925·40	2	verbreitert	—	—		—	—	
—	—		3923·10	2	„	—	—	
3921·38	1	„	—	—		—	—	
—	—		3919·72	2	unscharf	—	—	
—	—		3917·67	1	„	—	—	
—	—		3914·00	2	„	—	—	
—	—		3912·35	1	„	—	—	
3899·43	1	„	3899·90	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3894·64	1	verschwommen	—	—	
—	—		3888·77	1	„	—	—	
—	—		—	—	hier liegen mehrere sehr undeutliche Linien	—	—	
—	—		—	—		—	—	
—	—		3887·12	1	verschwommen	—	—	
3861·88	2	„	3861·88	1	ziemlich scharf	—	—	
3860·64	4	„	3860·95	2	verschwommen	—	—	
—	—		3839·03	2	„	—	—	
—	—		3834·86	1	„	—	—	
—	—		3831·97	1	„	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Name
—	—		3826·40	2	verschwommen	—	—	
3825·13	1	verbreitert	—	—		—	—	
3821·01	1	„	—	—		—	—	
—	—		3813·77	2	„	—	—	
3812·08	1	„	3812·05	1	„	—	—	
—	—		3809·29	3	„	—	—	
—	—		3807·84	2	„	—	—	
3805·33	2	„	—	—		—	—	
—	—		3804·50	1	„	—	—	
—	—		3801·29	1	„	—	—	
—	—		3799·47	1	„	—	—	
—	—		3791·12	4	„	—	—	
—	—		3784·24	2	„	—	—	
—	—		3781·97	1	„	—	—	
—	—		3780·31	1	„	—	—	
—	—		3777·17	3	„	—	—	
—	—		3775·15	2	„	—	—	
3771·96	4	„	3772·17	1	„	—	—	
—	—		3764·21	1	„	—	—	
—	—		3762·23	1	„	—	—	
3759·53	2	„	3754·78	1	„	—	—	
—	—		3752·29	2	„	—	—	
—	—		3748·50	1	„	—	—	
—	—		3744·94	2	„	—	—	
—	—		3741·44	2	scharf	—	—	
3741·32	4	„	3737·62	1	verschwommen	—	—	
3734·27	2	„	3734·68	2	scharf	—	—	
—	—		3726·43	1	verschwommen	—	—	
—	—		3720·32	1	„	—	—	
—	—		3715·27	1	„	—	—	
3712·05	2	„	—	—		—	—	
—	—		3703·10	2	„	—	—	
3700·63	4	„	3700·56	1	„	—	—	
—	—		3697·99	1	„	—	—	
3688·60	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
—	—		3687·75	2	verbreitert	—	—	
—	—		3686·70	3	ziemlich scharf	—	—	
3684·75	2	verbreitert	—	—		—	—	
3676·97	2	„	—	—		—	—	
3672·00	2	„	—	—		—	—	
3665·85	2	„	—	—		—	—	
3659·44	1	„	3659·54	1	undeutlich	—	—	
3656·90	1	„	—	—		—	—	
3655·99	5	„	3656·22	1	scharf	—	—	
3654·6	2	sehr unscharf	3654·59	1	unsicher	—	—	
3652·56	1	„	—	—		—	—	
3648·52	1	verbreitert	—	—		—	—	
3645·32	2	„	3645·00	1	sehr undeutlich	—	—	
3641·79	2	„	3642·00	1	„	—	—	
—	—		3639·47	1	verschwommen	—	—	
3636·01	2	„	3636·10	2	„	—	—	
—	—		3633·14	1	„	—	—	
3627·39	4	„	3627·64	1	unscharf	—	—	
—	—		3625·61	1	„	—	—	
3624·35	2	„	3624·44	1	verschwommen	—	—	
3621·33	4	„	3621·31	2	„	—	—	
3620·47	2	„	3620·46	1	„	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
3614·31	1	verbreitert	—	—		—	—	
3613·86	2	„	3613·89	2	verschwommen	—	—	
—	—		3611·08	1	„	—	—	
3602·11	6	„	3602·10	4	„	—	—	
3599·20	6	„	3599·24	4	„	3598·9	3	Hartley und Adeney
—	—		—	—		3596·6	3	„
—	—		3549·09	1	„	—	—	
3546·54	1	„	—	—		—	—	
3545·05	2	„	—	—		—	—	
3533·84	4	„	3533·79	2	„	—	—	
3530·50	4	„	3530·44	3	scharf	—	—	
3527·55	4	„	3527·56	2	„	—	—	
3524·31	2	„	3524·36	3	„	3523·6	2	„
3520·07	4	„	3520·20	2	„	—	—	
—	—		3516·86	1	„	—	—	
3512·19	6	„	3512·16	3	„	3510·4	2	„
3500·37	1	„	—	—		—	—	
3498·11	2	„	—	—		—	—	
3488·89	1	„	—	—		—	—	
3487·62	1	„	—	—		—	—	
3483·82	4	„	3483·82	4	scharf	3483·2	2	„
3476·07	4	„	3476·03	3	„	3478·8	2	„
—	—		3472·26	1	verschwommen	3471·6	2	„
3454·76	4	„	3454·64	1	„	3455·8	2	„
3450·47	6	„	3450·43	3	scharf	3450·1	2	„
3422·22	1	„	—	—		—	—	
3420·20	1	„	—	—		—	—	
3415·94	2	„	3415·74	1	verbreitert	—	—	
3413·41	2	„	3413·27	1	„	—	—	
3404·73	2	„	3404·62	1	„	—	—	
3402·28	2	„	3402·31	1	„	—	—	
3396·39	1	„	—	—		—	—	
3395·52	1	„	—	—		—	—	
3393·09	2		3393·51	3	scharf	—	—	
3392·10	1		—	—		—	—	
3391·09	1		—	—		—	—	
3388·21	1		—	—		—	—	
3384·88	1		—	—		—	—	
3381·52	4	„	3381·43	2	verschwommen	3381·0	1	„
3375·74	2	„	—	—		—	—	
3365·46	4	„	3365·45	3	scharf	—	—	
3354·57	2	„	—	—		—	—	
3349·38	4	„	3349·43	2	„	—	—	
3342·99	1	sehr unscharf	—	—		—	—	
3337·95	4		3338·00	4	„	—	—	
—	—		3335·59	1	verbreitert	—	—	
3329·68	4	verbreitert	3329·64	1	„	—	—	
3319·76	4	„	3319·74	2	scharf	—	—	
3317·28	4	„	3317·35	2	ziemlich scharf	—	—	
3308·10	8	„	3308·10	7	Hauptlinie, scharf	3306·8	5	„
3292·95	2		3292·77	1	verschwommen	—	—	
3290·62	7	sehr unscharf	3290·60	3	etwas verbreitert	3289·9	5	„
3282·78	4	verbreitert	3282·79	2	scharf	3282·1	4	„
3279·89	2	„	3279·89	3	„	3280·1	2	„
3277·35	1	„	—	—		—	—	
3274·06	10	umgekehrt	3274·09	8	Hauptlinie, scharf	3273·2	9	„
3266·05	2	verbreitert	3266·03	1	scharf	3265·2	3	„

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		—	—		3260·2	2	Hartley und Adeney
3247·65	10	umgekehrt	3247·65	10	Hauptlinie, scharf	3246·9	10	„
3243·21	4	verbreitert	3243·13	3	verbreitert	3243·9	2	„
3235·74	4	„	3235·68	3	ziemlich scharf			
3231·19	4	„	3231·25	2	„	3233·4	2	„
3226·61	2	„	3226·60	1	verschwommen	—	—	
3224·69	2	„	3224·67	2	„	—	—	
3223·47	2	„	3223·47	2	unscharf	—	—	
3211·47	2	„	—	—		—	—	
3208·32	4		3208·41	1	„	—	—	
—	—		3204·64	2	verbreitert	—	—	
—	—		3200·20	2	ziemlich scharf	—	—	
3194·17	4		3194·15	6	scharf	—	—	
3175·81	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
3169·73	4	verbreitert	3169·68	3	verschwommen	—	—	
3160·09	2		3159·85	6	„	—	—	
3151·67	2	„	—	—		—	—	
3146·93	4	unscharf	3146·84	1	„	—	—	
3142·47	4	„	3142·38	1	„	—	—	
3140·42	4	verbreitert	3140·33	1	„	3139·7	2	„
3128·73	4	„	—	—		—	—	
—	—		—	—		3134·2	2	„
—	—		—	—		3123·7	2	„
3126·22	6	„	3126·16	6	scharf	—	—	
3120·03	2	„	—	—		—	—	
3116·48	4	„	3116·34	1	undeutlich	3115·7	2	„
3113·59	2	„	—	—		—	—	
3108·64	6	„	3108·55	5	scharf	3107·4	3	„
3099·97	4	„	3099·98	5	„	3097·8	2	„
3094·07	2	verbreitert	3094·01	3	scharf	3097·8	2	„
—	—		3088·10	1	verschwommen	—	—	
3073·89	4		3073·82	1	scharf	—	—	
3070·86	1	„	3070·86	1	„	—	—	
3063·50	6		3063·50	3	„	—	—	
3057·73	5		—	—		—	—	
3053·52	1	„	—	—		—	—	
3052·73	1	„	—	—		—	—	
3044·18	1	„	—	—		—	—	
3036·17	6		3036·15	3	„	3035·6	2	„
—	—	Hier finden sich mehrere schwache Linien	—	—		3023·4	2	„
—	—		—	—		—	—	
—	—		—	—		—	—	
3010·92	4	verbreitert	3010·93	3	„	—	—	
—	—		3007·42	1	verschwommen, unsicher	—	—	
2997·46	4		2997·47	1	scharf	—	—	
2991·91	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
2986·10	4	„	—	—		—	—	
2982·91	2	„	2982·21	1	verschwommen	—	—	
2979·52	2	„	2979·31	1	„	—	—	
2978·42	2	„	—	—		—	—	
—	—		2976·00	1	„	—	—	
—	—		2971·80	1	„	—	—	
2961·25	5	umgekehrt	2961·20	5	scharf	2959·6	3	„
2951·38	4		—	—		—	—	
2925·65	2	verbreitert	—	—		—	—	
2924·99	2	„	—	—		—	—	
2911·29	2	„	—	—		—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Name
2494·97	2		—	—		—	—	
—	—		2493·6	1	verschwommen	—	—	
2492·22	5	umgekehrt	2492·2	6	scharf	2491·4	3	Hartley und Adeney
—	—		2489·75	8	„	2489·1	6	„
—	—		2486·5	4	verbreitert	2485·6	—	„
—	—		2485·9	4	„			
—	—		2482·5	5	scharf	2481·8	3	„
—	—		2481·2	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2479·8	1	„	—	—	
—	—		2478·4	3	verschwommen	2478·2	2	„
—	—		2475·4	1	„	2475·1	1	„
—	—		2473·6	8	ziemlich scharf	2473·2	5	„
—	—		2468·7	8	„	2468·4	3	„
—	—		2466·0	4	unscharf	2465·2	1	„
—	—		2464·1	2	„	—	—	
—	—		2463·2	2	„	—	—	
2460·98	2	verbreitert	2462·1	3	„	2461·5	1	„
—	—		2460·5	1	sehr verschwommen	—	—	
—	—		2459·4	2	ziemlich scharf	—	—	
2458·97	2	„	2458·9	4	„	2458·2	1	„
—	—		2457·9	1	verschwommen	—	—	
—	—		2453·1	5	ziemlich scharf	2452·5	1	„
—	—		2451·9	1		—	—	
—	—		2449·5	1		—	—	
—	—		2447·6	2	verschwommen	—	—	
—	—		2446·8	2	„	2446·7	1	„
—	—		2445·5	2	„	—	—	
—	—		2444·54	5	scharf	2444·1	3	„
—	—		2443·5	2	verschwommen	—	—	
—	—		2442·6	2	„	—	—	
2441·72	3	umgekehrt	2441·72	6	scharf	2441·6	3	„
—	—		2440·2	3	verbreitert	2439·8	1	„
—	—		2436·0	5	ziemlich scharf	2435·7	1	„
—	—		2433·5	3	„	—	—	
—	—		2430·5	4	„	2430·3	1	„
—	—		2429·0	2	verschwommen	—	—	
—	—		2428·3	2	„	2428·2	1	„
—	—		2424·70	5	scharf	2425·1	3	„
—	—		2421·8	3	„	2422·0	1	„
—	—		2420·0	1	verschwommen	—	—	
—	—		2418·5	1	„	—	—	
—	—		2414·9	1	„	—	—	
—	—		2414·3	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2413·2	1	„	—	—	
—	—		2412·45	5	scharf	2412·2	3	„
—	—		2408·6	1	verschwommen	—	—	
2406·82	8	verbreitert nach Roth	2406·8	1	scharf	—	—	
—	—		2405·64	4	„	2404·8	3	„
—	—		2403·63	6	verbreitert	2403·3	6	
2400·18	4		2400·23	6	scharf	2400·1	6	„
2392·71	8	umgekehrt, verbreitert nach Roth	2392·8	4	„ } [1]	2393·0	1	„
—	—		—	—		—	—	
—	—		2391·8	3	„ }	2392·2	1	„
—	—		2385·1	2	„	2385·2	1	„
—	—		2276·6	5	„	2376·7	3	„
—	—		2370·9	2	verschwommen	2371·6	2	

[1]) Ist eine Doppellinie und keine umgekehrte Linie.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		—	—		3260·2	2	Hartley und Adeney
3247·65	10	umgekehrt	3247·65	10	Hauptlinie, scharf	3246·9	10	„
3243·21	4	verbreitert	3243·13	3	verbreitert	3243·9	2	„
3235·74	4	„	3235·68	3	ziemlich scharf			
3231·19	4	„	3231·25	2	„	3233·4	2	„
3226·61	2	„	3226·60	1	verschwommen	—	—	
3224·69	2	„	3224·67	2	„	—	—	
3223·47	2	„	3223·47	2	unscharf	—	—	
3211·47	2	„	—	—		—	—	
3208·32	4		3208·41	1	„	—	—	
—	—		3204·64	2	verbreitert	—	—	
—	—		3200·20	2	ziemlich scharf	—	—	
3194·17	4		3194·15	6	scharf	—	—	
3175·81	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
3169·73	4	verbreitert	3169·68	3	verschwommen	—	—	
3160·09	2		3159·85	6	„	—	—	
3151·67	2	„	—	—		—	—	
3146·93	4	unscharf	3146·84	1	„	—	—	
3142·47	4	„	3142·38	1	„	—	—	
3140·42	4	verbreitert	3140·33	1	„	3139·7	2	„
3128·73	4	„	—	—		—	—	
—	—		—	—		3134·2	2	„
—	—		—	—		3123·7	2	„
3126·22	6	„	3126·16	6	scharf	—	—	
3120·03	2	„	—	—		—	—	
3116·48	4	„	3116·34	1	undeutlich	3115·7	2	„
3113·59	2	„	—	—		—	—	
3108·64	6	„	3108·55	5	scharf	3107·4	3	„
3099·97	4	„	3099·98	5	„	3097·8	2	„
3094·07	2	verbreitert	3094·01	3	scharf	3097·8	2	„
—	—		3088·10	1	verschwommen	—	—	
3073·89	4		3073·82	1	scharf	—	—	
3070·86	1	„	3070·86	1	„	—	—	
3063·50	6		3063·50	3	„	—	—	
3057·73	5		—	—		—	—	
3053·52	1	„	—	—		—	—	
3052·73	1	„	—	—		—	—	
3044·18	1	„	—	—		—	—	
3036·17	6		3036·15	3	„	3035·6	2	„
—	—	Hier finden sich mehrere schwache Linien	—	—		3023·4	2	„
—	—		—	—		—	—	
—	—		—	—		—	—	
3010·92	4	verbreitert	3010·93	3	„	—	—	
—	—		3007·42	1	verschwommen, unsicher	—	—	
2997·46	4		2997·47	1	scharf	—	—	
2991·91	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
2986·10	4	„	—	—		—	—	
2982·91	2	„	2982·21	1	verschwommen	—	—	
2979·52	2	„	2979·31	1	„	—	—	
2978·42	2	„	—	—		—	—	
—	—		2976·00	1	„	—	—	
—	—		2971·80	1	„	—	—	
2961·25	5	umgekehrt	2961·20	5	scharf	2959·6	3	„
2951·38	4		—	—		—	—	
2925·65	2	verbreitert	—	—		—	—	
2924·99	2	„	—	—		—	—	
2911·29	2	„	—	—		—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
2891·77	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
2890·97	2	„	—	—		—	—	
—	—		2884·50	1	verschwommen	—	—	
2883·03	4		2883·05	1	scharf	2882·4	2	Hartley und Adeney
2879·04	2	unscharf	—	—		—	—	
—	—		2878·02	3	„	2877·4	3	„
2875·66	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
2874·60	2	„	—	—		—	—	
—	—		2860·45	3	„	—	—	
—	—		2858·28	1	unscharf	—	—	
—	—		2837·66	2	„	2836·5	3	„
—	—		2824·47	6	scharf	2823·2	3	„
—	—		2813·25	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2799·55	1	verbreitert	—	—	
—	—		2795·60	2	scharf	—	—	
2792·07	2	sehr unscharf, mehrere schwache Linien	—	—		—	—	
—	—		—	—		—	—	
—	—		2780·25	1	„	—	—	
—	—		2777·15	1	„	—	—	
2769·37	1	verbreitert	2769·88	4	„	2769·1	7	„
2768·94	4		—	—		—	—	
2766·50	5	umgekehrt	2766·45	2	„	2766·2	3	„
—	—		2763·80	1	„	—	—	
2751·86	1	verbreitert	2751·30	2	verbreitert	2745·9	3	„
2751·38	4	unscharf						
—	—		2745·54	6	scharf	—	—	
—	—		2739·98	3	„	—	—	
—	—		2737·63	3	„	—	—	
—	—		2734·07	2	verschwommen	—	—	
—	—		2731·8	2	„	—	—	
—	—		2730·4	1	„	—	—	
2724·04	4	sehr unscharf	2724·1	2	„	2721·2	4	„
—	—		2721·98	4	scharf	—	—	
—	—		2719·14	5	verschwommen	2718·4	4	„
2715·67	4	„	—	—		—	—	
—	—		2713·82	8	ziemlich scharf	2713·1	6	„
—	—		2703·48	9	scharf	2702·2	7	„
—	—		2701·34	10	„	2700·5	7	„
—	—		2698·8	1		—	—	
2696·83	1	verbreitert	2696·70	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2689·66	10	scharf	2688·8	7	„
2687·85	1	verbreitert	—	—		—	—	
2681·16	1	„	2680·0	1	verschwommen	—	—	
2676·59	2	„	—	—		—	—	
2672·24	2	„	—	—		—	—	
—	—		2666·61	6	scharf	2666·0	3	„
—	—		2658·7	1	verschwommen	—	—	
2651·78	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
2649·93	2	„	2649·9	1	„	—	—	
2645·45	2	„	—	—		—	—	
—	—		2644·10	5	ziemlich scharf	2643·5	1	„
—	—		2641·75	2	„	—	—	
2635·02	4	„	2635·1	1	verschwommen	—	—	
2630·15	4	„	2630·1	1	„	—	—	
2627·49	2	„	—	—		—	—	
—	—		2624·4	1	unscharf	—	—	
2618·46	10	umgekehrt	2618·46	8	scharf	2617·8	3	„

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2609·43	7	scharf	2608·9	2	Hartley und Adeney
2605·08	1	sehr unscharf	—	—		—	—	
—	—		2600·51	10	„	2599·7	7	„
—	—		2599·15	8	„	2598·3	7	„
—	—		2592·9	1	verschwommen	—	—	
—	—		2590·78	5	scharf	2590·1	3	„
—	—		2587·6	1	verschwommen	—	—	
—	—		2586·5	1	„	—	—	
—	—		2584·0	1	unsicher	—	—	
—	—		2581·3	1	scharf	—	—	
2580·52	2	„	2580·3	1	„	—	—	
2579·40	2	„	2578·1	1	verschwommen	—	—	
—	—		2576·8	1	„	—	—	
—	—		2575·2	2	scharf	—	—	
—	—		2573·4	3	„	2573·0	2	„
—	—		2572·0	4	„	2572·0	2	„
—	—		2571·2	7	verschwommen	2570·9	2	„
2570·76	2	verbreitert	—	—		—	—	
2569·99	2	sehr unscharf	2569·7	1	„	—	—	
2567·17	1	verbreitert	2566·5	5	ziemlich scharf	2565·3	2	„
—	—		2564·4	1	„	—	—	
2563·54	2	verbreitert nach Roth	2563·1	1	„	—	—	
—	—		2561·5	1	verschwommen	—	—	
—	—		2557·4	1	„	—	—	
—	—		2554·4	2	scharf	—	—	
2553·38	1	„	2553·2	2	stark verbreitert	2553·7	1	„
—	—		2552·9	1	unscharf	2552·2	2	„
—	—		2552·1	1	„	—	—	
—	—		2550·4	2	verbreitert	—	—	
2547·67	1	„	—	—		—	—	
—	—		2545·08	10	scharf	2544·6	8	„
—	—		2538·8	4	ziemlich scharf	2538·2	2	„
—	—		2535·5	4	„	—	—	
—	—		2533·8	1	unscharf	2533·9	2	„
—	—		2533·0	2	„	—	—	
—	—		2532·1	2	„	2531·4	2	„
—	—		2529·60	8	ziemlich scharf	2528·8	6	„
—	—		2526·90	5	scharf	2526·2	6	„
—	—		2525·2	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2523·3	4	„	2522·7	1	„
—	—		2522·4	4	„	2522·1	1	„
—	—		2521·2	2	„	—	—	
—	—		2519·1	2	„	—	—	
—	—		2518·5	3	„	2518·3	1	„
—	—		2517·0	2	„	2517·5	1	„
—	—		2516·6	2	„	—	—	
—	—		2515·0	1	„	—	—	
—	—		2513·2	5	„	2513·2	1	„
—	—		2511·5	5	scharf	2512·2	1	„
—	—		2508·7	5	verbreitert	2508·7	3	„
—	—		2506·50	10	scharf	2506·2	6	„
—	—		2504·8	1	verbreitert	—	—	
—	—		2503·6	1	unscharf	—	—	
—	—		2503·1	1	unscharf	—	—	
—	—		2501·0	2	sehr verschwommen	—	—	
—	—		2497·7	3	scharf	2497·4	1	„
—	—		2496·2	4	verbreitert	2495·9	1	„

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
2494·97	2		—	—		—	—	
—	—		2493·6	1	verschwommen	—	—	
2492·22	5	umgekehrt	2492·2	6	scharf	2491·4	3	Hartley und Adeney
—	—		2489·75	8	„	2489·1	6	„
—	—		2486·5	4	verbreitert	2485·6	—	„
—	—		2485·9	4	„			
—	—		2482·5	5	scharf	2481·8	3	„
—	—		2481·2	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2479·8	1	„	—	—	
—	—		2478·4	3	verschwommen	2478·2	2	„
—	—		2475·4	1	„	2475·1	1	„
—	—		2473·6	8	ziemlich scharf	2473·2	5	„
—	—		2468·7	8	„	2468·4	3	„
—	—		2466·0	4	unscharf	2465·2	1	„
—	—		2464·1	2	„	—	—	
—	—		2463·2	2	„	—	—	
2460·98	2	verbreitert	2462·1	3	„	2461·5	1	„
—	—		2460·5	1	sehr verschwommen	—	—	
—	—		2459·4	2	ziemlich scharf	—	—	
2458·97	2	„	2458·9	4	„	2458·2	1	„
—	—		2457·9	1	verschwommen	—	—	
—	—		2453·1	5	ziemlich scharf	2452·5	1	„
—	—		2451·9	1		—	—	
—	—		2449·5	1		—	—	
—	—		2447·6	2	verschwommen	—	—	
—	—		2446·8	2	„	2446·7	1	„
—	—		2445·5	2	„	—	—	
—	—		2444·54	5	scharf	2444·1	3	„
—	—		2443·5	2	verschwommen	—	—	
—	—		2442·6	2	„	—	—	
2441·72	3	umgekehrt	2441·72	6	scharf	2441·6	3	„
—	—		2440·2	3	verbreitert	2439·8	1	„
—	—		2436·0	5	ziemlich scharf	2435·7	1	„
—	—		2433·5	3	„	—	—	
—	—		2430·5	4	„	2430·3	1	„
—	—		2429·0	2	verschwommen	—	—	
—	—		2428·3	2	„	2428·2	1	„
—	—		2424·70	5	scharf	2425·1	3	„
—	—		2421·8	3	„	2422·0	1	„
—	—		2420·0	1	verschwommen	—	—	
—	—		2418·5	1	„	—	—	
—	—		2414·9	1	„	—	—	
—	—		2414·3	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2413·2	1	„	—	—	
—	—		2412·45	5	scharf	2412·2	3	„
—	—		2408·6	1	verschwommen	—	—	
2406·82	8	verbreitert nach Roth	2406·8	1	scharf	—	—	
—	—		2405·64	4	„	2404·8	3	„
—	—		2403·63	6	verbreitert	2403·3	6	
2400·18	4		2400·23	6	scharf	2400·1	6	„
2392·71	8	umgekehrt, verbreitert nach Roth	2392·8	4	„ }	2393·0	1	„
—	—		—	—	} [1]	—	—	
—	—		2391·8	3	„ }	2392·2	1	„
—	—		2385·1	2	„	2385·2	1	„
—	—		2276·6	5	„	2376·7	3	„
—	—		2370·9	2	verschwommen	2371·6	2	

[1] Ist eine Doppellinie und keine umgekehrte Linie.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
						Hartley und Adeney		Trowbridge und Sabine
2369·97	5		2369·97	10	scharf (Hauptlinie)	2370·1	9	2369·9
—	—		2368·8	2	ziemlich scharf	2368·7	2	2368·8
—	—		2368·4	2	„	—	—	—
—	—		2364·2	1	verschwommen	2365·8	1	—
2363·28	1		2363·3	1	„	—	—	—
—	—		2362·8	1	„	—	—	—
—	—		2361·6	1	„	—	—	—
2356·68	4		2356·68	6	scharf	2357·2	5	2356·7
—	—		2355·2	4	verschwommen	2355·0	2	2355·2
—	—		2348·8	3	„	2348·8	2	—
—	—		2346·2	2	ziemlich scharf	2346·2	2	2346·2
2345·59	2		—	—		—	—	—
—	—		2339·1	1	verschwommen	—	—	—
—	—		2336·3	4	scharf	2336·6	3	2336·3
—	—		2324·1	1	verschwommen	—	—	—
—	—		2323·1	1	„	—	—	—
—	—		2320·4	2	ziemlich scharf	—	—	—
2319·70	4	verbreitert	2319·7	1	„	—	—	—
—	—		2315·9	1	sehr undeutlich	—	—	—
—	—		2315·3	1	ziemlich scharf	—	—	—
—	—		2312·3	1	„	—	—	—
—	—		2309·7	2	„	—	—	—
2303·18	7		2303·18	4	scharf	2303·8	1	2336·3
—	—		2299·6	2		2300·5	1	2299·6
—	—		—	—		2297·5	1	—
2294·44	2		2294·40	6	„	2295·0	6	2294·4
2293·92	10	umgekehrt	2293·92	3	ziemlich scharf	2294·6	3	2293·9
—	—		2291·1	4	„	2291·4	3	2291·1
2288·19	4		—	—		—	—	—
—	—		2286·7	4	„	2286·7	3	2286·7
2282·20	1	verbreitert	—	—		—	—	—
—	—		2280·9	1	„	—	—	—
—	—		2278·4	2	„	2279·6	2	2278·4
2276·30	4		2276·30	6	scharf	2277·0	6	2276·3
—	—		2274·9	1	ziemlich scharf	—	—	—
—	—		2265·5	2	„	2265·8	2	2265·5
2263·20	5	umgekehrt	2263·7	3	verbreitert	2263·9	3	2263·9
—	—		2263·2	2	„	2263·2	3	2263·2
2260·58	4	„	2260·6	2	„	2257·7	2	—
—	—		2255·1	2	„	—	—	2255·1
—	—		2252·0	1	„	2250·0	2	—
—	—		2248·9	3	„	2248·2	9	2249·0
2247·08	4	verbreitert	2242·14	7	scharf	2247·7	3	2247·0
2244·36	1		2244·4	1		2244·0	9	—
2242·68	4		2242·68	7	„	2243·5	3	2242·7
2240·89	1	„	—	—		2233·0	3	—
2238·52	2	umgekehrt	—	—		—	—	—
2236·40	1	„	—	—		—	—	—
—	—		2231·8	1		2232·2	3	2231·7
2230·16	8	„	2231·1	2	„	2231·2	5	2231·0
—	—		2230·2	3	verbreitert	2230·0	5	2230·1
2228·95	4		2229·0	4		2229·1	3	2228·9
2227·85	2	„	2227·9	2	unscharf	2228·1	3	2227·8
—	—		2227·0	3	„	2227·0	1	2226·9
2225·77	5	„	2225·8	2	ziemlich scharf	2226·0	2	2225·7

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Name
						Hartley und Adeney		Trowbridge und Sabine
—	—		2224·9	2	ziemlich scharf	—	—	2224·8
2218·21	2		2218·2	6	„	2219·3 2218·5	6 3	2218·2 —
2215·78	5	umgekehrt	2215·4	3	„	2216·5 2215·8	3 3	2215·3 —
2214·68	8	„	2214·6	3		2214·1	2	2214·4
—	—		2212·9	1	„	2211·3	6	2213·0
2210·35	2		2210·4	5	„	2210·8	3	2210·3
—	—		—	—		2208·8	2	—
—	—		2200·7	1	„	2200·3	3	2200·6
2199·77	8	„	2199·8	3	„	2199·8	1	2199·8
—	—		—	—		—	—	2196·9[1]
—	—		2195·9	3	„	2196·5	3	—
2192·35	2	verbreitert	2192·4	5	„	2192·0 2191·2	6 3	2192·4
2189·69	2	umgekehrt	2189·8	5	„	2189·6 2188·5	6 3	2189·9
—	—		2183·0	1	„	—	—	—
2181·80	4	„	2181·8	1	„	2181·0	1	2181·8
2179·41	4	„	2179·45	5	scharf	2179·0	5	2179·5
2178·97	3	„	—	—		2178·0	3	—
—	—		2175·15	3	„	2174·5	3	2175·2
2171·88	1	„	—	—		—	—	—
2169·49	1		—	—		—	—	—
2165·20	4	„	2165·2	1	ziemlich scharf	—	2	—
—	—		2161·6	1	„	—	1	—
—	—		2157·5	2	scharf	—	—	—
—	—		2152·0	3	„	—	—	—
2149·05	2		2149·05	4	„	2148·8	3	2149·2
—	—		2147·2	2	verschwommen	—	—	—
—	—		2145·7	2	„	—	—	—
—	—		2144·9	1	„	—	—	—
2136·05	2		2136·1	3	scharf	2135·8	3	2136·1
—	—		2134·6	2	„	2134·2	2	2134·6
—	—		2130·2	1	undeutlich	—	—	—
2126·11	2		2126·1	3	scharf	—	—	2126·2
—	—		2125·3	3	„	2124·4 2124·0	3 2	2125·3
2123·06	2		2123·06	3	„	2122·1 2121·5	3 2	2123·1
—	—		2117·4	2	„	2116·0	1	2117·5
2112·19	1		2112·20	2	„	2110·5	1	2112·2
2104·88	4	„	2104·88	2	„	2103·0	1	2104·9
—	—		2098·7	2	verbreitert	—	—	2098·6
—	—		2093·1	1	scharf	—	—	2093·9
—	—		2088·2	2		—	—	2088·1
2085·40	1		2085·4	3	„	—	—	2085·5
—	—		2079·0	2		—	—	2078·8
—	—		2070·4	1	undeutlich	—	—	—
2068·45	1		—	—		—	—	—
—	—		2066·5	1	verschwommen	—	—	2067·0
—	—		2062·7	1	„	—	—	2062·7
2061·77	1		—	—		—	—	—
2055·08	1		2055·1	2	scharf	—	—	2055·1

[1]) Ist wahrscheinlich durch Druckfehler unrichtig und soll 2195·9 heissen.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
						Hartley und Adeney		Trowbridge und Sabine
2043·73	1		2044·0	2	scharf	—	—	2045·0 [1])
2037·28	1		2037·28	2	„	—	—	2037·3
2035·90	1		2036·0	2	„	—	—	2036·0
—	—		2031·3	2	verbreitert	—	—	2030·9
—	—		2025·7	2	scharf	—	—	2025·7
2025·14	2	umgekehrt	—	—		—	—	—
—	—		2017·3	2	„	—	—	—
2016·76	1		—	—		—	—	—
—	—		2016·0	2	„	—	—	2016·0
2015·53	1		—	—		—	—	2015·8
—	—		2014·2	1	„	—	—	—
2013·19	1		2013·19	1	verschwommen	—	—	2013·2
2003·50	1		—	—		—	—	—
1999·68	1		1999·68	2	ziemlich scharf	—	—	1999·9
1995·16	1		—	—		—	—	—
1989·24	1		1989·24	2	„	—	—	1989·4
1979·26	1		1979·26	2	„	—	—	1979·4
1971·99	1		—	—		—	—	—
—	—		1970·5	1	„	—	—	1970·4
1956·83	1		—	—	„	—	—	—
1943·88	1		1943·88	1	„	—	—	1944·1

[1]) Wahrscheinlich durch Druckfehler entstellt; soll heissen 2044·0.

Die Spectren des Silbers.

Das Funkenspectrum des Silbers ist unvollständig bekannt[1]). Es ist wohl im sichtbaren Theile von Thalén[2]), Kirchhoff[3]), Huggins[4]) durch Überschlagen des Flaschenfunkens zwischen Silberelektroden erhalten und ausgemessen worden; Lecoq[5]) untersuchte das Spectrum des zwischen Silberlösungen überspringenden Funkens; jedoch sind diese Angaben im Blau und Violett aus den beim Kupfer angegebenen Gründen lückenhaft und ungenau; das von Hartley und Adeney[6]) photographierte Funkenspectrum beginnt erst bei $\lambda = 3541$ und erstreckt sich bis $\gamma = 2112$, so dass das Funkenspectrum des Silbers im Violett und zum Beginne des Ultraviolett so gut wie unbekannt ist. Betreffs des Bogenspectrums geben Kayser und Runge[7]) erschöpfende und sehr genaue Messungen und Beschreibungen desselben an, welche sich jedoch den Beobachtungen über das Funkenspectrum kaum angliedern lassen. Thalén und Huggins geben im sichtbaren Spectrum 19 Linien, welche Kayser und Runge nicht erhalten konnten, während bei ersterem 15 Silberlinien, welche Kayser und Runge im Bogen constatierten, fehlen. «Darnach scheint das Funkenspectrum wesentlich verschieden vom Bogenspectrum zu sein, was sich auch im Ultraviolett bestätigt, und Hartley und Adeney geben hier viel mehr Linien, als wir (Kayser und

[1]) Vergl. die Fussnote [2]) auf pag. 169.

[2]) Thalén: «Mémoire sur la détermine . . . . .», 1868; auch Watts: «Index of Spectra».

[3]) Kirchhoff: «Untersuchungen über das Sonnenspectrum», 1861; auch Watts: «Index of Spectra».

[4]) Huggins: Phil. Transact., 182, pag. 861 bis 887, 1872; auch Watts: «Index of Spectra».

[5]) Lecoq de Boisbeaudran: «Spectres lumineux», 1874; auch Watts: «Index of Spectra».

[6]) Phil. Transact., 1884, pag. 109; Watts: «Index of Spectra», 1889, pag. 127. — Später beschrieb Hartley auch das Bandenspectrum des Silbers und anderer Metalle; es wird mittelst des Knallgasgebläses erhalten (Hartley: «Flame spectra at high temperatures», Philosoph. Transact. of the Royal Soc. of London, Bd. CLXXXV [1894], pag. 161).

[7]) «Über die Spectren der Elemente», 5. Abschn., königl. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1892.

Runge) gefunden haben» — erwähnen Kayser und Runge am angegebenen Orte. Wir wollten uns über dieses Spectrum, dessen Anordnung der Linien in Serien mehrfach Gegenstand von Untersuchungen mit widerspruchsvollen Resultaten war, Gewissheit verschaffen und das Linienspectrum des Silbers an reinem Materiale feststellen. Zu diesem Zwecke bezogen wir «chemisch reines Feinsilber» vom k. k. Münzamte und unterzogen dasselbe, um absolut sicher zu gehen, einer neuerlichen Reinigung, indem wir es in Salpetersäure lösten, die Lösung mit Salzsäure fällten, sorgfältigst wuschen, dann das gewaschene Chlorsilber auf nassem Wege mittelst Hydroxylamin und Ammoniak reducierten und das schwammige, reducierte, chemisch reine Silber im Porzellantiegel schmolzen.

Das Silber ist im stärksten Flaschenfunken lichtärmer als Kupfer oder Gold; beim Überschlagen des Funkens (Ruhmkorff) an der Luft treten überdies die Luftlinien sehr stark hervor und wir sahen uns deshalb genöthigt, in einer Wasserstoffatmosphäre den Funken überschlagen zu lassen. Jedoch traten auch in diesem Falle die Nebenlinien des Ag-Spectrums nur lichtschwach auf, so dass wir stundenlang belichten mussten, um alle schwachen Linien auf der Platte zu erhalten. Bei starken elektrischen Strömen wird das Silber bald weissglühend und gibt schlechte Funken, weshalb man keine zu dünnen Elektroden verwenden darf.

Unsere Messungen sind sehr eingehende und erstrecken sich auf schwache Linien, so dass wir zahlreiche neue Silberlinien verzeichnen konnten. Huggins führt im rothen und orangefarbigen Theile des Funkenspectrums von Silber mehr Linien an als Thalén, welche erstere wahrscheinlich auch vorhanden, aber sicherlich sehr lichtarme Linien sind. Jedenfalls sind die von uns nicht angeführten Huggins'schen Linien nur schwache Linien, welche bei der geringen Lichtempfindlichkeit photographischer Platten für weniger brechbare Strahlen sich der phothographischen Beobachtung entzogen. Im stärker brechbaren Theile dürfen aber unsere Wellenlängenmessungen auf grosse Vollständigkeit Anspruch machen. Eine grosse Anzahl von Silberlinien, zum Beispiel im grünen Theile des Spectrums, sind sehr verschwommen, ja manche bandartig verbreitert, daneben befinden sich viele scharfe Linien und im stärker brechbaren Theile dominieren die scharfen Linien.

Die Vergleichung der bisherigen Angaben über Details im Silberspectrum zeigt mannigfache Widersprüche; zum Beispiel erwähnt Lockyer die einseitige Ausbreitung einiger Linien des Bogenspectrums von Silber[1]); er beobachtete, dass die Linie $\lambda = 4210$ sich stark nach dem violetten Ende verbreitert, während dies bei $\lambda = 4054$ mehr nach der entgegengesetzten Seite der Fall ist; später beobachteten Kayser und Runge mehrere solche Fälle (s. Tabelle). Was die helle Linie $\lambda = 4210$ anbelangt, welche Lockyer als umgekehrte Linie auffasst, so bemerkten Liveing und Dewar, dass sie nicht umgekehrt sei, sondern dass eine neue Linie, $\lambda = 4211$, hervortrete. Schuster vermuthet, Lockyer habe den dunklen Raum zwischen den beiden Linien für ein Umkehrungsphänomen gehalten und es sei die einseitige Verbreiterung nur eine scheinbare[2]). Kayser und Runge[3]) dagegen erhielten immer nur eine stark umgekehrte Linie bei 4212. Wir können jedoch die Angaben Liveing's und Dewar's bestätigen, dass in der That an dieser Stelle eine Doppellinie im Silberspectrum auftritt, welche bei Anwendung von starken Flaschenfunken unzweifelhaft nachweisbar ist; ja es tritt sogar der bemerkenswerte Fall ein, dass die Kayser und Runge'sche Silberhauptlinie (im Bogenspectrum) $\lambda = 4212$ im Funkenspectrum zur Nebenlinie wird, während die nach Lockyer schwach-, nach Kayser und Runge (im Bogenspectrum) gar nicht vorfindliche Linie $\lambda = 4210{\cdot}87$ als kräftige und scharfe Hauptlinie auftritt. Beim Silberfunkenspectrum erscheinen als die am meisten charakteristischen Hauptlinien die intensiven und scharfen Linien $\lambda = 3280{\cdot}8$ und $3383{\cdot}0$, welche im gesammten ultravioletten Spectrum am stärksten hervortreten und auch ziemlich leicht

---

[1]) Royal Soc., 1879, Bd. XXVIII, pag. 428; Roscoe: «Spectralanalyse», 1890, pag. 157.

[2]) Ibid., pag. 151.

[3]) Abhandlungen der königl. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1892.

umkehrbar sind, wenn man stärkere Ströme und dickere Elektroden, welche helle, grosse Funken geben, anwendet. Es ist bemerkenswert, dass sich $\lambda = 3280 \cdot 8$ im Funkenspectrum stets leichter umkehren lässt als $\lambda = 3383$; am deutlichsten sehen wir dieses Umkehrphänomen bei unserem Gitterspectrum dritter Ordnung, während es im Spectrum zweiter Ordnung nur schwach angedeutet, in jenem erster Ordnung jedoch nicht zu bemerken war. Auch im Bogenspectrum sind dieselben zwei Linien charakteristische Hauptlinien und jederzeit leicht umkehrbar. In der Nachbarschaft dieser beiden Hauptlinien treten mehr oder weniger schwache, aber äusserst zahlreiche Linien auf, deren schwächste bei knapper Expositionszeit bis zur Unkenntlichkeit undeutlich werden, so dass es schwer ist, diese linienreichen Theile des Spectrums complet auszumessen.

Wir bemühten uns, sowohl bei den Aufnahmen mittelst des Quarz-, als auch bei jenen mittelst des Gitterapparates, diesen Bezirk klar zu stellen, umso mehr, als auch im Bogenspectrum ähnliche Verhältnisse herrschen. Wir fanden viele der von Kayser und Runge gemessenen Linien auf, einige dieser Linien konnten wir jedoch nicht nachweisen, dagegen fanden wir andere neue Silberlinien. Wir halten diese Variationen zumeist für zufällige und in der Natur dieser Linien bedingte; dagegen sind die kurzwelligen Bezirke des Silberspectrums auffallend und mit charakteristischer Gesetzmässigkeit vom Bogenspectrum abweichend. So zum Beispiel finden sich bei den Silberlinien $\lambda < 3000$ A. E. im Funkenspectrum viele starke charakteristische Linien, welche im Bogenspectrum nicht oder nur äusserst schwach auftreten. Hier wären Ag-Doppellinien zu erwähnen, bei denen im Bogenspectrum nur eine Componente hervortritt, während im Funkenspectrum gerade diese Componente schwächer wird, wogegen die andere (welche im Bogenspectrum sehr schwach ist oder ganz fehlt) dominiert.

Dies ist zum Beispiel bei den ultravioletten Linien $\lambda = \begin{Bmatrix} 2938 \\ 2934 \end{Bmatrix}$ der Fall, von welchen Kayser und Runge nur die erstere führen; bei $\lambda = \begin{Bmatrix} 2824, & 2721, & 2575 \\ 2815, & 2712, & 2567 \end{Bmatrix}$, bei welchen im Bogenspectrum die Silberlinie von kürzerer Wellenlänge zurückbleibt, während im Funkenspectrum das Umgekehrte der Fall ist. Auch im indigoblauen Theile des Spectrums finden sich Ag-Linienpaare von ähnlichem Verhalten, zum Beispiel $\lambda = \begin{Bmatrix} 4212 \\ 4210 \end{Bmatrix}$. Ob diese Doppellinien gesetzmässig zusammengehören oder zufällig nebeneinander gelagert sind, dafür haben wir keinen Anhaltspunkt. So zum Beispiel hat das Silberfunkenspectrum charakteristische starke Linien im Indigoblau $\lambda = 4226$ (4), 4210 (8), im Violett $\lambda = 4055$ (6), 3933 (5), ferner weit charakteristischere ultraviolette Silberlinien, namentlich die schönen Liniengruppen $\lambda = 2938$, 2934, 2929 bis 2873, dann die doppelte Hauptlinie $\lambda = \begin{Bmatrix} 2711 \cdot 9 \\ 2711 \cdot 3 \end{Bmatrix}$, welche bei geringer Dispersion als dicke, einfache Linie erscheint, ferner die starke Linie $\lambda = 2580$, die für das Funkenspectrum ausserordentlich charakteristische Liniengruppe $\lambda = 2506$ bis $\lambda = 2453$, welche im Bogenspectrum ebenso fehlt wie die starken Silberlinien $\lambda = 2444$, 2428, 2420, 2358 und 2357 u. s. w. Es ist auffallend, dass die ebenfalls charakteristischen Silberliniengruppen, welche allerdings weniger hell im Funkenspectrum als die obigen sind, von $\lambda = 2331$ bis 2309 sowohl im Bogen als auch im Funken auftreten, während die unmittelbar darauffolgenden Ag-Linien 2296, 2280 und 2275 eben nur im letzteren kräftig und charakteristisch auftreten.

Die letzten Ag-Linien im brechbarsten Theile des Bogenspectrums beobachteten Kayser und Runge bei $\lambda = 2246$. Das Funkenspectrum reicht weiter gegen das brechbarste Ende hinaus; Hartley und Adeney beobachteten die letzten Linien bei $\lambda = 2112$[1]), während wir noch eine Anzahl von neuen

[1]) Hartley und Adeney beobachteten die Linien sehr gut, aber ihre Wellenlängebestimmungen sind ungenau, theils wegen geringer Dispersion (für Bezirke $\lambda > 2800$), theils wegen mangelhaft bestimmter Leitlinien mittelst Gitterspectrum.

deutlichen Linien kürzerer Wellenlänge bei λ = 1975·2 beobachteten und ausmessen konnten, darunter ganz charakteristische Liniengruppen.

Das den niedrigsten Temperaturen entsprechende Silberspectrum erhält man nach Lecoq's Vorgang, wenn man schwache Funken zwischen Silbernitratlösung überspringen lässt. Hierbei fand Lecoq folgende Silberlinien: λ = 5465, 5209, 4668 und 4396, welche Linien sich auch im Bogen- und Funkenspectrum des Silbers finden; während die Lecoq'sche Linie λ = 4210 bei Kayser und Runge im Bogenspectrum fehlt, fanden wir diese Linie im Funken. Die obigen Linien entsprachen den niedrigsten Temperaturen und es lassen sich analoge Vergleiche und Schlussfolgerungen über das Variieren des Silberspectrums anstellen, wie wir dies beim Kupfer gethan haben. Im Funkenspectrum des Silbers (s. Tabelle) sehen wir wohl viele schwache Linien des Bogenspectrums zu Hauptlinien werden, jedoch tritt der Fall, dass starke Linien des Bogenspectrums im Funkenspectrum verschwinden, nur selten ein; es treten wohl eine Reihe von Linien des Bogenspectrums im Funken zurück, aber dieses Phänomen ist beiweitem nicht so auffallend als beim Kupfer. Immerhin ist auch das Silberspectrum als ein variables zu bezeichnen, denn es wird durch das Hinzukommen und Neuauftreten intensiver Silberlinien im heissen Flaschenfunken zu einem äusserst linienreichen Spectrum, bei welchem die im Bogenspectrum vorhandenen mittelmässig hellen Linien zumeist erhalten bleiben und von den neu auftretenden Linien des Funkenspectrums an Intensität und häufig an Schärfe weit überholt werden.

Funkenspectrum des Silbers.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Name
—	—		6037·3	2		6036·2	2	Thalén
—	—		5678·7	1	undeutlich	—	—	
5667·72	4	sehr unscharf	5667·9	1	schwach	—	—	
—	—		5656·99	1	unscharf, verbreitert	—	—	
—	—		5646·50	1	sehr verschwommen	5645·1	4	
—	—		5628·40	2	„	5625·6	4	
—	—		5623·34	4	sehr verbreitert	5622·6	8	
—	—		5621·25	2	„	—	—	
—	—		5611·85	2	„	5610·6	4	
—	—		5602·93	1	„	—	—	
—	—		5597·99	1	„	—	—	
—	—		5593·11	3	„	—	—	
—	—		5590·37	2	sehr verschwommen	5590·1	4	
—	—		5580·89	1	„	—	—	
—	—		5575·21	1	„	—	—	
—	—		5570·63	2	stark verbreitert	5568·1	4	
—	—		5558·98	3	„	5556·6	4	
—	—		5552·79	4	„	5551·6	8	
5545·86	4	verbreitert nach Roth	5544·5	1	unsicher	—	—	
—	—		5535·41	2	verbreitert	—	—	
—	—		5533·48	1	„	—	—	
—	—		5530·23	1	„	—	—	
—	—		5528·72	1	„	—	—	
—	—		5521·25	4	sehr verbreitert	5522·1	4	
—	—		5494·75	1	„	—	—	
—	—		5489·06	3	„	5486·6	2	
—	—		5480·81	3	verbreitert	—	—	
—	—		5479·34	2	scharf	—	—	
5471·72	5		5471·70	5	„	5470·1	8	
5465·66	10	umgekehrt	5465·64	10	„	5464·1	10	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		5454·41	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5450·42	3	„	—	—	
5436·0	2	sehr unscharf	—	—		—	—	
—	—		5424·9	1	undeutlich	5423·6	6	
—	—		5412·62	1	„	5411·1	2	
—	—		5404·13	2	stark verbreitert	—	—	
—	—		5401·10	2	„	5401·6	8	
5333·5	2	verbreitert	—	—		—	—	
5329·93	4	verbreitert nach Roth	—	—		—	—	
—	—		—	—		5299·1	6	
5276·4	1	verbreitert	—	—		—	—	
5209·25	10	umgekehrt	5209·19	8	scharf	5208·9	10	
—	—	mehrere unscharfe Linien	—	—		—	—	
4874·36	4	verbreitert nach Violett	4874·42	2	„	4874·1	8	
—	—		4678·23	4	verbreitert	—	—	
—	—		4678·04	2	sehr stark verbreitert	—	—	
4668·70	8	verbreitert nach Roth	4668·58	2	ziemlich scharf	4666·6	4	
—	—		4630·10	3	„	—	—	
—	—		4620·57	2	„	—	—	
—	—		4620·08	2	„	—	—	
4616·03	4	sehr unscharf	4616·0	1	sehr verschwommen	—	—	
4556·13	4	„	4556·09	2	sehr verbreitert	—	—	
—	—		4552·41	1	„	—	—	
—	—		4519·39	1	scharf	—	—	
—	—		4509·84	1	„	—	—	
4476·29	5	verbreitert nach Roth	4476·31	5	„	—	—	
—	—		4447·08	2	ziemlich scharf	—	—	
4396·49	2	verbreitert	4396·30	1	sehr undeutlich	—	—	
—	—		4394·11	2	ziemlich scharf	—	—	
4379·45	4	„	4385·16	4	scharf	—	—	
—	—		4363·46	2	„	—	—	
—	—		4358·14	1	„	—	—	
4311·28	4	verbreitert nach Roth	4311·35	4	verschwommen	—	—	
—	—		4226·55	4	scharf	—	—	
4212·1	8	umgekehrt[1]	4212·76	2	ziemlich scharf[1]	—	—	
—	—		4210·87	8	scharf	—	—	
—	—		4085·92	2	„	—	—	
4055·44	5	„	4055·46	6	„	—	—	
—	—		4046·45	2	„	—	—	
—	—		3994·96	1	„	—	—	
3991·9	1	sehr unscharf	—	—		—	—	
—	—		3985·18	3	„	—	—	
3981·87	5	verbreitert nach Roth	3981·35	2	„	—	—	
—	—		3968·34	5	„	—	—	
—	—		3961·27	2	„	—	—	
3943·1	1	verbreitert	—	—		—	—	
3940·3	1	„	—	—		—	—	
—	—		3933·60	5	„	—	—	
—	—		3919·95	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3918·41	1	sehr undeutlich	—	—	
3914·47	2	sehr unscharf	3914·01	1	„	—	—	
3907·63	2	„	3907·76	2	verbreitert	—	—	
3841·3	2	„	3840·74	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3838·38	1	verschwommen	—	—	
3810·6	2	„	3810·86	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3714·37	1	scharf	—	—	

[1]) Kayser und Runge konnten diese unscharfe Linie nicht genau messen und gaben die Fehlergrenze mit 1 A. E. an, während wir die Linien ziemlich scharf erhielten.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
3710·1	1	sehr unscharf	—	—		—	—	
—	—		3683·40	2	scharf	—	—	
3681·8	2	verbreitert nach Violett	3682·49	1	„	—	—	
—	—		3649·97	2	unscharf	—	—	
3624·0	1	sehr unscharf	—	—		—	—	
—	—		3616·20	1	undeutlich	—	—	
—	—		3596·38	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3580·77	1	undeutlich	—	—	
3557·3	1	verbreitert	—	—		—	—	
3547·3	1	„	—	—		—	—	
3542·67	4	„	3542·65	3	scharf	3541·3	2	Hartley und Adeney
—	—		3513·44	1	undeutlich	—	—	
3505·43	1	„	—	—		—	—	
—	—		3503·05	1	kaum sichtbar	—	—	
3501·90	4	„	3502·02	2	ziemlich scharf	—	—	
3499·65	1	„	—	—		—	—	
—	—		3495·57	1	„	—	—	
—	—		3475·89	3	scharf	—	—	
—	—		3469·52	1	„	—	—	
—	—		3468·0	1	unscharf	—	—	
—	—		3437·45	1	verschwommen	—	—	
—	—		3429·59	2	scharf	—	—	
—	—		3425·56	1	verschwommen	—	—	
—	—		3421·69	2	„	—	—	
—	—		3419·43	1	„	—	—	
—	—		3412·91	1	„	—	—	
—	—		3405·20	3	verbreitert	3404·2	2	„
—	—		3401·56	1	undeutlich	—	—	
—	—		3400·34	1	„	—	—	
—	—		3397·56	2	verbreitert	—	—	
—	—		3394·05	1	undeutlich	—	—	
—	—		3392·56	1	verbreitert	—	—	
—	—		3389·44	3	scharf	3389·7	2	„
—	—		3387·22	1	„	—	—	
3383·00	1	umgekehrt	3382·98	10	Hauptlinie	3382·3	10	„
—	—		3376·28	1	undeutlich	—	—	
—	—		3373·59	1	„	—	—	
—	—		3367·04	2	scharf	—	—	
—	—		3364·94	1	verschwommen	—	—	
—	—		3363·69	1	„	—	—	
—	—		3361·98	1	scharf	—	—	
—	—		3361·18	1	„	—	—	
—	—		3360·36	1	„	—	—	
—	—		3358·79	1	unscharf	—	—	
—	—		3356·90	1	„	—	—	
—	—		3354·41	2	„	—	—	
—	—		3353·45	2	„	—	—	
—	—		3352·16	4	scharf	3351·8	2	„
—	—		3347·60	1	„	—	—	
—	—		3344·78	2	verbreitert	—	—	
—	—		3343·28	2	scharf	—	—	
—	—		3341·34	1	„	—	—	
—	—		3339·30	2	„	—	—	
—	—		3333·76	2	„	—	—	
—	—		3331·91	3	„	—	—	
—	—		3330·69	1	„	—	—	
—	—		3329·84	1	„	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
3327·82	1	verbreitert	—	—		—	—	
—	—		3325·90	1	scharf	—	—	
—	—		3322·93	1	„	—	—	
—	—		3321·81	2	„	—	—	
—	—		3318·26	2	„	—	—	
—	—		3316·73	2	„	—	—	
—	—		3315·54	1	unscharf	—	—	
—	—		3313·75	1	„	—	—	
—	—		3312·65	4	scharf	3311·6	2	Hartley und Adeney
—	—		3308·58	2	„	—	—	
—	—		3307·31	2	„	3306·1	2	„
3305·77	2	„	3305·32	1	verschwommen	—	—	
—	—		3304·75	1	„	—	—	
—	—		3304·14	1	„	—	—	
—	—		3301·61	5	scharf	3300·6	2	„
—	—		3299·51	4	„	3299·0	2	„
—	—		3297·74	2	„	—	—	
—	—		3295·60	2	„	—	—	
—	—		3294·40	2	„	—	—	
—	—		3293·22	3	verbreitert	—	—	
—	—		3289·26	3	scharf	3292·3	2	„
—	—		3288·0	1	„	3288·6	2	„
3280·80	1	umgekehrt	3280·80	10	„	3280·1	10	„
—	—		3274·40	3	scharf; Hauptlinie	—	—	
—	—		3272·16	1	unscharf	3272·8	2	„
—	—		3270·05	1	„	—	—	
—	—		3268·43	1	scharf	—	—	
—	—		3267·40	1	„	—	—	
—	—		3266·0	1	„	3265·2	2	„
—	—		3264·20	2	„			
—	—		3262·75	1	„	—	—	
—	—		3259·80	1	unscharf	3260·2	2	„
—	—		3258·50	1	scharf	—	—	
—	—		3257·36	1	„	—	—	
—	—		3256·47	1	„	—	—	
—	—		3254·88	1	unscharf	—	—	
—	—		3253·80	2	scharf	—	—	
—	—		3252·65	5	„	3251·8	2	„
—	—		3251·05	1	„	—	—	
—	—		3249·78	1	„	—	—	
—	—		3249·14	2	„	—	—	
—	—		3247·12	3	„	—	—	
—	—		3244·77	4	„	3243·8	4	„
—	—		3241·06	2	wahrscheinlich doppelt	—	—	
—	—		3240·83	2	umgekehrt? oder doppelt?	—	—	
—	—		3237·52	1	scharf	—	—	
—	—		3233·69	1	„	—	—	
3232·94	4	verbreitert	3233·07	3	„	—	—	
—	—		3231·24	2	„	3231·8	2	„
—	—		3229·90	3	„	3228·6	2	„
—	—		3228·88	1	„	—	—	
—	—		3224·87	1	„	—	—	
—	—		3223·37	3	„	3222·3	2	„
—	—		3221·46	1	„	—	—	
—	—		3217·86	1	„	—	—	
—	—		3216·65	4	„	3216·0	2	„
—	—		3211·86	1	unscharf	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		3209·92	2	scharf	—	—	
—	—		3208·16	2	„	3208·1	2	Hartley und Adeney
—	—		3207·44	2	„	—	—	
—	—		3203·63	1	„	—	—	
—	—		3200·80	3	„	—	—	
—	—		3200·01	1	„	3198·8	2	„
—	—		3193·34	1	„	—	—	
—	—		3191·80	2	„	3190·6	2	„
—	—		3187·75	2	„	—	—	
—	—		3185·08	2	„	—	—	
—	—		3184·15	1	„	3183·7	2	„
—	—		3181·50	2	„	—	—	
—	—		3180·69	2	„	3179·2	2	„
—	—		3179·28	2	„			
—	—		3176·22	2	sehr verschwommen	—	—	
—	—		3173·52	1	scharf	3174·3	2	„
—	—		3172·22	1	„	—	—	
3170·66	4	verbreitert	—	—		—	—	
—	—		3158·73	1	„	—	—	
—	—		3153·09	2	„	—	—	
—	—		3149·92	1	„	—	—	
—	—		3142·82	1	undeutlich	—	—	
—	—		3142·08	1	scharf	—	—	
—	—		—	—		3134·9	1	„
3130·09	3	„	3130·10	2	verschwommen	—	—	
—	—		3129·19	1	„	3129·2	1	„
—	—		3123·97	1	„	—	—	
—	—		3117·82	1	scharf	—	—	
—	—		3116·93	1	„	—	—	
—	—		3115·65	1	„	—	—	
—	—		3113·10	1	„	—	—	
—	—		3102·74	1	„	—	—	
3099·19	2	„	—	—		—	—	
—	—		3098·10	1	„	—	—	
—	—		3096·50	1	„	—	—	
—	—		3086·42	2	„	—	—	
—	—		3082·95	2	„	—	—	
—	—		3081·53	1	„	—	—	
—	—		3080·92	1	„	—	—	
—	—		3072·76	1	verschwommen	—	—	
—	—		3064·69	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3052·71	1	verschwommen	—	—	
—	—		3047·04	1	scharf	—	—	
2938·42	3	„	3037·82	1	verschwommen	—	—	
—	—		3036·03	1	„	—	—	
—	—		3035·29	1	„	—	—	
—	—		3031·75	1	„	—	—	
—	—		3030·51	1	„	—	—	
—	—		3012·85	1	scharf	—	—	
—	—		3011·89	1	„	—	—	
—	—		3000·67	1	verschwommen	—	—	
—	—		2999·67	1		—	—	
—	—		2999·13	1		—	—	
—	—		2986·20	1	scharf	—	—	
—	—		2982·16	1	„	—	—	
—	—		2943·93	1	verschwommen	—	—	
—	—		2942·06	1	unscharf	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2938·53	3	verbreitert	2937·4	2	Hartley und Adeney
—	—		2934·23	4	„	2933·5	5	„
—	—		2929·33	5	scharf	2928·2	5	„
—	—		2920·0	3	„	2919·1	4	„
—	—		2902·08	4	ziemlich scharf	2901·6	5	„
—	—		—	—		2895·6	5	„
—	—		2886·44	5	„	—	—	
—	—		2883·99	2	verbreitert	—	—	
—	—		2878·88	1	verschwommen	—	—	
—	—		2873·65	5	scharf	2872·7	5	„
—	—		2853·0	1	verschwommen	—	—	
—	—		2828·74	1	sehr unscharf	—	—	
2824·50	2	verbreitert	2824·06	2	„	—	—	
—	—		2815·50	5	scharf	2814·5	5	„
—	—		2802·76	1	„	—	—	
—	—		2801·69	1	sehr unscharf	—	—	
—	—		2799·63	5	ziemlich scharf	2798·9	5	„
—	—		2795·60	4	scharf	—	—	
—	—		2786·53	2	verschwommen	—	—	
—	—		2767·60	8	scharf	2766·4	7	„
—	—		2756·46	4	„	2755·5	7	„
—	—		2753·3	2	„	—	—	
—	—		2749·4	4	„	—	—	
—	—		2746·9	3	verschwommen	—	—	
—	—		2746·6	3	„	—	—	
—	—		2744·06	4	scharf	—	—	
—	—		2743·3	2	„	2742·9	2	„
—	—		2740·0	4	„	—	—	
—	—		2737·2	1	undeutlich	—	—	
—	—		2727·5	2	scharf	—	—	
2721·84	4		2721·84	3	„	2720·6	1	„
—	—		2719·1	1	„	—	—	
—	—		2716·3	1	„	—	—	
—	—		2714·5	1	scharf	—	—	
—	—		2711·94	8	„	2711·3	7	„
—	—		2711·34	2	„	—	—	
—	—		2688·40	1	unscharf	—	—	
—	—		2684·8	1	scharf	—	—	
—	—		2681·43	5	„	2680·5	6	„
—	—		2666·4	1	coïncidiert mit Cu	—	—	
—	—		2664·6	1	unscharf	—	—	
—	—		2660·52	8	scharf	2659·6	7	„
—	—		2657·0	4	verbreitert	2656·2	4	„
—	—		2631·3	1	scharf	—	—	
—	—		2628·62	1	„	2627·3	4	„
—	—		2625·75	3	„	2625·2	4	„
—	—		2621·6	1	„	—	—	
—	—		2617·8	2	„	—	—	
—	—		2614·55	6	„	—	—	
—	—		2613·8	2	„	2613·7	4	„
—	—		2612·0	2	„	—	—	
—	—		2607·0	2	„	—	—	
—	—		2606·20	6	„	2605·4	4	„
—	—		2599·26	3	„	—	—	
—	—		2598·79	2	„	2598·2	1	„
—	—		2595·60	1	ziemlich scharf	2594·7	2	„
—	—		2592·6	1	scharf	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Name
—	—		2591·4	1	scharf	—	—	
—	—		2585·8	2	„	—	—	
—	—		2584·2	2	unscharf	—	—	
—	—		2580·66	8	scharf	2579·9	7	Hartley und Adeney
2575·70	5	verbreitert	2575·5	1	undeutlich	—	—	
—	—		2567·0	2	scharf	2565·8	2	„
—	—		2564·34	3	„	2563·2	2	„
—	—		2563·5	1	„	—	—	
—	—		2562·83	2	„	2561·5	3	„
—	—		2562·6	1	„	—	—	
—	—		2556·8	4	„	—	—	
—	—		2553·30	2	„	2552·0	1	„
—	—		2538·8	1	„	—	—	
—	—		2536·7	2	„	—	—	
—	—		2535·50	6	„	2534·5	7	„
—	—		2534·5	1	„	—	—	
—	—		2533·8	2	„	—	—	
—	—		2529·7	1	„	—	—	
—	—		2526·3	1	„	—	—	
—	—		2525·5	1	„	—	—	
—	—		2523·1	1	„	—	—	
—	—		2516·2	1	„	—	—	
—	—		2514·4	1	„	—	—	
—	—		2211·9	1	„	—	—	
—	—		2506·74	9	„	2506·0	7	„
—	—		2504·7	1	„	—	—	
—	—		2504·1	3	ziemlich scharf	2503·6	4	„
—	—		2502·3	1	undeutlich	—	—	
—	—		2498·9	1	scharf	—	—	
—	—		2493·2	2	„	—	—	
—	—		2490·7	1	„	—	—	
—	—		2489·9	1	„	—	—	
—	—		2488·2	1	„	—	—	
—	—		2486·6	2	„	2486·4	2	„
—	—		2485·8	3	„	2485·4	2	„
—	—		2484·3	1	undeutlich	—	—	
—	—		2483·4	1	scharf	—	—	
—	—		2480·55	5	„	2479·9	5	„
—	—		2478·6	1	„	—	—	
—	—		2477·36	6	„	2476·8	6	„
—	—		2473·93	8	„	2473·3	7	„
—	—		2472·5	1	verschwommen	—	—	
—	—		2469·7	2	scharf	2469·0	2	„
—	—		2466·8	1	„	—	—	
—	—		2462·25	5	„	2462·2	5	„
—	—		2461·4	2	„	—	—	
—	—		2460·4	4	„	2459·8	5	„
—	—		2458·9	2	„	—	—	
—	—		2453·36	7	„	2453·0	7	„
2447·94	2		2447·94	8	„	2447·4	9	„
—	—		2446·45	5	„	2445·7	4	„
—	—		2445·6	2	„	—	—	
—	—		2444·3	5	„	2443·9	5	„
—	—		2439·6	1	undeutlich	—	—	
2437·84	4		2437·84	10	scharf	2437·3	9	„
—	—		2436·5	1	verschwommen	—	—	
—	—		2434·7	1	scharf	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2433·6	1	scharf	—	—	
—	—		2432·3	1	„	—	—	
—	—		2430·25	2	„	—	—	
—	—		2429·6	7	„	2429·8	9	Hartley und Adeney
—	—		2428·3	5	„	2428·8	4	„
—	—		2424·2	1	„	—	—	
—	—		2422·4	3	„	2422·8	4	„
—	—		2420·10	8	„	2419·9	7	„
—	—		2415·43	2	„	2414·5	1	„
2413·26	4		2413·20	10	„	2413·3	9	„
—	—		2411·37	8	„	2411·3	8	„
—	—		2410·6	1	„	2409·3	1	„
—	—		2410·2	4	„	—	—	
—	—		2409·0	2	verbreitert	—	—	
—	—		2406·6	1	scharf	2406·4	2	„
—	—		2405·0	4	„	2404·5	2	„
—	—		2402·6	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2399·3	1	scharf	—	—	
—	—		2395·64	5	„	2395·7	2	„
—	—		2392·94	2	verbreitert	2393·3	1	„
—	—		2390·56	5	scharf	2390·8	5	„
—	—		2387·0	2	„	—	—	
						2386·7	2	„
—	—		2386·6	2	„	2386·2	2	„
—	—		2383·3	4	„	2383·6	2	„
—	—		2382·2	3	„	—	—	
—	—		2380·9	1	„	—	—	
—	—		2379·4	1	„	—	—	
2375·1	10	sehr unscharf	2375·3	2	Maximum einer Bande	2375·5	6	„
—	—		2373·8	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2368·7	1	„	—	—	
—	—		2365·8	3	scharf	2365·8	4	„
—	—		2364·9	2	„	2364·3	5	„
—	—		2364·1	4	„	—	—	
—	—		2362·3	4	„	2362·3	5	„
—	—		2360·4	1	unscharf	—	—	
—	—		2358·86	6	ziemlich scharf	2359·2	5	„
—	—		2357·94	8	scharf	2358·1	7	„
—	—		2356·8	1	unscharf	—	—	
—	—		2348·3	2	scharf	—	—	
—	—		2343·8	1	„	—	—	
—	—		2343·5	3	„	2343·7	1	„
—	—		2341·8	2	„	2342·1	1	„
—	—		2340·7	1	undeutlich	—	—	
—	—		2339·1	2	scharf	2339·2	1	„
—	—		2337·9	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2332·9	1	„	—	—	
—	—		2331·9	2	scharf	2332·5	1	„
2331·41	4		2331·34	8	„	2331·7	9	„
—	—		2327·4	1	„	—	—	
—	—		2325·0	4	„	2325·8	7	„
2324·73	4		2324·69	8	„	2325·3	9	„
—	—		2321·6	2	„	2322·3	4	„
2320·31	4		2320·24	8	„	2320·6	9	„
—	—		2319·2	1	unscharf	2319·5	2	„
—	—		2318·6	1	scharf	—	—	
2317·10	4		2317·03	8	„	2317·4	9	„

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Name
—	—		2316·1	1	undeutlich		—	
2312·5	8	sehr scharf	—	—			—	
2309·74	10	umgekehrt	2309·7	4	verbreitert	2310·1	4	Hartley und Adeney
—	—		2296·8	2	scharf			
—	—		2296·1	2	„	2296·8	2	„
—	—		2291·0	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2286·5	3	scharf	2286·7	1	„
—	—		2282·5	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2280·0	8	scharf	2280·7	9	„
—	—		2278·9	4	ziemlich scharf	2277·8	2	„
—	—		2277·4	2	„	—	—	
—	—		2275·4	5	„	2275·3	2	„
—	—		2273·3	2	scharf	—	—	
—	—		2257·3	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2253·5	4	scharf	2254·1	4	„
—	—		2250·2	1	„	—	—	
2248·79	4		2248·80	6	„	2249·9	7	„
2246·46	4		2246·46	5	„	2247·6	7	„
—	—		2243·5	2	unscharf	—	—	
—	—		2241·9	1		—	—	
—	—		2241·4	2		—	—	
—	—		2240·5	2	verbreitert	—	—	
—	—		2238·5	2	scharf	—	—	
—	—		2229·6	5	ziemlich scharf	2230·6	5	„
—	—		2228·7	3	„	—	—	
—	—		2226·2	3	„	—	—	
—	—		2223·2	1	scharf	—	—	
—	—		2220·9	1	undeutlich	—	—	
—	—		2219·7	1	scharf	—	—	
—	—		2211·3	3	„	—	—	
—	—		2208·6	3	„	—	—	
—	—		2206·2	3	ziemlich scharf	2206·0	1	„
—	—		2204·7	1	undeutlich	—	—	
—	—		2203·7	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2202·3	3	verschwommen	2202·0	1	„
—	—		2192·1	1	undeutlich	—	—	
—	—		2187·0	3	ziemlich scharf	2186·0	4	„
—	—		2173·6	1	verschwommen	—	—	
—	—		2171·9	1	„	—	—	
—	—		2171·0	1	„	—	—	
—	—		2169·6	1		—	—	
—	—		2166·6	4	scharf	2165·8	2	„
—	—		2162·1	2	„	2161·3	1	„
—	—		2149·3	1	„	—	—	
—	—		2145·71	3	ziemlich scharf[1])	2145·4	4	„
—	—		2144·9	1	„	—	—	
—	—		2129·3	1		—	—	
—	—		2125·5	1	verbreitert	—	—	
—	—		2120·5	4	scharf	2119·0	1	„
—	—		2113·9	3	„	2112·0	1	„
—	—		2106·7	2	„	—	—	
—	—		2084·3	1	verbreitert	—	—	
—	—		2081·5	1	„	—	—	
—	—		2075·9	1	„	—	—	
—	—		2066·2	4	scharf	—	—	
—	—		2056·9	1	sehr schwach	—	—	
—	—		2053·9	1	undeutlich	—	—	

[1]) Coïncidiert mit Cu.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2053·2	1	undeutlich	—	—	
—	—		2033·1	2	verschwommen	—	—	
—	—		2016·1	2	scharf	—	—	
—	—		2000·6	2	„	—	—	
—	—		1999·6	2	ziemlich scharf[1])	—	—	
—	—		1993·5	1	„	—	—	
—	—		1675·2	1	„	—	—	

[1]) Coïncidiert mit Cu.

Die Spectren des Goldes.

Auffallender Weise ist das Spectrum des Goldes am wenigsten von den Spectren der Elementengruppe Kupfer, Silber, Gold bekannt. Ausser den Messungen am Funkenspectrum im optisch hellen Theile von Huggins, Thalén und Kirchhoff, wobei nur die sechs stärksten Linien bestimmt wurden, hatte Lecoq de Boisbaudran [1]) Beobachtungen an dem zwischen Chlorgoldlösungen überspringenden Funken angestellt. Gerhard Krüss zeigte in seiner Habilitationsschrift: «Untersuchung über das Atomgewicht des Goldes» (München 1886 [2]), dass die Lecoq'schen Linien theilweise den Verunreinigungen des Goldes zukommen; jedoch erstrecken sich alle diese Angaben nur auf den sichtbaren Theil. Das Bogenspectrum des Goldes studierten Kayser und Runge eingehend von $\lambda = 6278$ bis weit ins Ultraviolett, $\lambda = 2283$, mit grosser Genauigkeit, dagegen wurde das ultraviolette Funkenspectrum noch niemals ausgemessen. Deshalb führten wir eine vollkommene Untersuchung des Funkenspectrums von Gold unter denselben Versuchsbedingungen wie bei Kupfer und Silber durch, indem wir den Funken in einer Wasserstoffatmosphäre zwischen Elektroden von metallischem Golde überspringen liessen und Gegenversuche mit Goldfunken an der Luft anstellten. Im ersteren Falle bildet sich ein dunkelbrauner pulveriger Beschlag an den Elektroden, welcher beim Glühen derselben in der Flamme des Bunsenbrenners die reine Goldfarbe annimmt. Ein ähnliches Verhalten zeigten auch Kupfer- und Silberelektroden; wenn man im Wasserstoffe den Funken überschlagen lässt, bedecken sie sich in kurzer Zeit mit einem braunen Beschlage, der beim Glühen wieder die Farbe des Metalles annimmt. Da wir absolut reines Wasserstoffgas benützten, kann die Bildung dieses Beschlages nur durch den Wasserstoff selbst verursacht sein. Wahrscheinlich entsteht eine Verbindung des betreffenden Metalles mit Wasserstoff.

Auf die Reinigung des Goldes, welches wir zu unseren Versuchen verwendeten, legten wir grossen Wert; wir bezogen «chemisch reines Gold» vom kaiserlichen Münzamte und unterzogen es jener Reinigung von Silber und den Metallen der Platingruppe, welche Krüss eingehend (a. a. O.) für das von ihm zur Atomgewichtsbestimmung verwendete Gold beschreibt. Wir lösten das obige Feingold in Königswasser, dampften die Lösung zur Trockene ein, nahmen den Rückstand in Wasser auf, wobei sich etwas $AgCl$ abschied und fällten die filtrierte Lösung mit Eisenvitriol. Das gefällte, gut gewaschene Gold wurde abermals gelöst und mit Oxalsäure aus der wie oben behandelten Lösung gefällt. Aus dem so behandelten Golde stellten wir abermals eine Chlorgoldlösung her, aus der wir das Gold durch Einleiten von schwefeliger Säure niederschlugen. Durch diese Behandlung wird das Gold von Spuren von Silber, Platin, Iridium, Palladium, Osmium, Rhodium und Ruthenium befreit, was sehr wichtig ist, denn Krüss wies nach, dass Lecoq Verunreinigungen der letztgenannten Elemente in seinen Gold-

[1]) «Spectres lumineux», Paris 1894.

[2]) Im Auszuge daselbst publicierte Spectralbeobachtungen.

lösungen hatte. Die Messungen von G. Krüss sind mit sehr kleiner Dispersion angestellt, ähnlich wie jene von Lecoq, sind demzufolge auf mehrere Angström'sche Einheiten ungenau, aber aus einem anderen Grunde interessant, weil er wirklich vollständig reines Gold verwendete und auf Grund seiner Beobachtungen die Linien Lecoq's $\lambda = 5601$, 5230, 5210, 4437, 4338, 4064 von der Liste der Goldlinien strich, indem er folgende Linien theils den Platinmetallen, theils dem Stickstoffe (Luftspectrum) zuschrieb, u. zw.: 5601 (Pd.), 5228 (Pt), 5210 (Pd), 4442 (Pt), 4355 (N), 4064 (N).

Aus unseren eigenen Beobachtungen, welche wir am Gitterspectrographen vornahmen und welche naturgemäss eine weit grössere Genauigkeit der Wellenlängebestimmungen ergaben, geht hervor, dass die Lecoq'schen Goldlinien $\lambda = 5601$, 5210, 4442 und 4345 thatsächlich nicht dem Golde angehören; dagegen befand sich Krüss bezüglich der Linie $\lambda = 4064$ (recte 4065) im Irrthume, wenn er sie für eine Luftlinie hielt, denn sie tritt auch in einer reinen Wasserstoffatmosphäre als deutliche Linie auf, welche auf der Bromsilbergelatine-Platte sogar als sehr kräftige Hauptlinie erscheint.

Die geringe Dispersion des Apparates, mit dem Krüss arbeitete, die thatsächliche Nähe einer hellen Luftlinie und die Unsicherheit der Beobachtung mit dem Auge sind die leicht erklärlichen Ursachen dieses Irrthums, welcher sich durch Anwendung der photographischen Beobachtungsmethode leicht vermeiden lässt

Huggins führt beim Funkenspectrum des Goldes mehr rothe Linien an als andere Beobachter; es sind dies die Linien $\lambda = 6710$, 6670, 6660, 6457, 6428, 6304, 6291; Thalén, Kirchhoff, Krüss und wir selbst beobachteten die ersten deutlichen Linien von $\lambda = 6278 \cdot 3$ an; trotzdem bezweifeln wir nicht die Existenz der Huggins'schen Linien, denn dieser Beobachter hatte seine Untersuchungen beim Golde in allen von ihm beobachteten Bezirken sehr sorgfältig angestellt und führt viele Linien in seinem Goldspectrum an, welche andere Beobachter bisher auch nicht angaben, aber von uns unzweifelhaft nachgewiesen wurden. Jedenfalls sind die Huggins'schen rothen Lnien nur schwach und unbedeutend. Erst von $\lambda = 6278 \cdot 3$ ab wird die Helligkeit des Goldspectrums bemerkenswert und werden die Linien charakteristisch.

Das Funkenspectrum des Goldes weicht, wie der Vergleich unserer Messungen mit den Kayser und Runge'schen Angaben am Bogenspectrum ergibt, sehr stark von letzterem ab. Es finden sich allerdings fast alle Goldlinien des Bogenspectrums im Funken wieder, zumeist mit gesteigerter Intensität und wesentlich schärfer; aber es treten äusserst zahlreiche, intensive Hauptlinien im Funkenspectrum auf, welche im Bogenspectrum entweder ganz fehlen oder als sehr schwache Linien angedeutet sind. Diese neu auftretenden Linien zeigen öfters eine solche Helligkeit, dass sie die im Bogen und Funken gemeinsamen Goldlinien an Helligkeit weit übertreffen (s. Tabelle). Ein Beispiel für den Intensitätswechsel der Linien gibt die Goldlinie $\lambda = 3898$. Dieselbe ist eine verbreiterte Nebenlinie im Bogenspectrum, dagegen eine scharfe Hauptlinie grösster Helligkeit im Funkenspectrum; daran anschliessend finden wir im Funken ein wohl definiertes, aus zahlreichen scharfen Linien bestehendes Goldspectrum, welches viele charakteristische Linien enthält, während in Kayser und Runge's Tabelle bis 3553·72 keine einzige Linie angeführt ist. Ferner ist das Linienspectrum im Ultraviolett äusserst linienreich und von complicierten Bau; wir konnten circa 660 Linien im Ultraviolett ausmessen, während Kayser und Runge vom Bogenspectrum nur 57 Linien angeben.

Beim Goldspectrum, sowohl im Wasserstoffe als auch an der Luft, besonders aber im ersteren Falle, in welchem die Metallgoldlinien durchschnittlich schwächer erscheinen als unter sonst gleichen Bedingungen an der atmosphärischen Luft, treten Variationen auf, je nach der Stärke des Inductionsfunkens, zum Beispiel bei 4 Ampère oder andererseits 8 bis 10 Ampère, bei Einschaltung von vielen Flaschen oder von kleinen Condensatoren, weit oder eng gestellten Elektroden.

Bei Gold fiel uns dies besonders auf, ist aber auch bei Kupfer und Silber, wenn auch nicht im selben Masse, zu constatieren; bei Kupfer in besonders geringem Masse. Beim Goldfunkenspectrum

traten im starken Flaschenfunken Linien auf, welche im schwachen Funken selbst bei längerer Exposition fehlen oder wenigstens sehr lichtschwach sind.

Diese Linien gewinnen bei starkem Funken enorm an Intensität und überholen viele mittelstarke Linien oder solche, deren Intensität früher überwog, so dass Linien von $i = 2$ bis 4 in beiden Fällen gleich bleiben, ebenso die stärksten Hauptlinien, während andere Linien von $i = 0$ auf $i = 5$ bis 6 anwachsen.

Beim Funkenspectrum des Goldes beobachteten wir eine auffallende Erscheinung. Es traten im Ultraviolett eine grosse Anzahl feiner Linien auf, deren Intensität, beziehungsweise Anwesenheit von der Stromstärke beeinflusst wird.

Bei mässig starkem Flaschenfunken (grosses Ruhmkorff'sches Inductorium, 2 Ampère Strom, 3 kleine Leydenerflaschen) treten im Ultraviolett zahlreiche Linien auf, welche auch im stärksten Flaschenfunken vorhanden sind (dasselbe Inductorium mit 4 grossen Plattencondensatoren und Strom von 8 bis 10 Ampère in der Primärspule), während im stärksten Flaschenfunken überdies zahlreiche andere Linien auftreten. Insoweit würde dieses Verhalten nichts Merkwürdiges bieten, denn dies ist eine sehr häufig auftretende Erscheinung bei den Funkenspectren der Metalle; dagegen ist es auffallend, dass im stärksten Flaschenfunken Goldlinien mit sehr grosser Intensität dazu kommen, welche an Helligkeit die bei mässig starkem Funken auftretenden Linien weit übertreffen; so zum Beispiel konnten wir die Linie $\lambda = 3280 \cdot 80$ ($i = 5$) nicht im mässig starken, sondern nur im stärksten Flaschenfunken erhalten, während viel schwächere Linien beiden Spectren gemeinsam sind. Ähnliches gilt von anderen Goldlinien. Im Bezirke $\lambda = 4000$ bis 3300 haben wir vergleichende Messungen bei einigen hundert Linien angestellt und an zahlreichen derselben notiert (s. Tabelle), welche bei mässig starkem und welche im stärksten Flaschenfunken auftreten; genaue Sonderung ist nicht gut möglich, weil die Grenze der Existenzbedingung dieser zeitweilig auftretenden Linien keine enggestreckte ist; jedoch scheint es uns bemerkenswert, dass beim Funkenspectrum des Goldes je nach der Stromstärke und Spannung dasselbe stärkeren Schwankungen unterworfen ist, als es uns bisher vorkam. Insbesondere hervorzuheben ist aber, dass bei Vermehrung der Stromstärke ein Verschwinden anderer Linien des Goldspectrums, welche dem weniger starken Flaschenfunken zukamen, von uns nicht beobachtet wurde, so dass die Funkenspectren des Goldes unter verschiedenen Verhältnissen immer noch viel ähnlicher sind, als Bogen- und Funkenspectrum der meisten Elemente unter sich.

Im Ganzen beobachteten wir circa 660 Goldlinien im Funkenspectrum, wovon 50 dem Funken- und Bogenspectrum gemeinsam, über 500 aber neue Linien sind.

Funkenspectrum des Goldes.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
6278·37	4		6278·37	3		6276·7	8	Thalén, Huggins, Krüss
—	—		5961·40	2		5960·2	6	„ „ „
5957·24	4		5957·24	2		5955·2	6	„ „ „
—	—		5921·43	1	undeutlich	5920	1	Huggins, Krüss
—	—		5881·57	1	verbreitert	5880	1	„ „
5863·17	4		5863·23	3	scharf	5862	2	„ „
5837·64	5		5837·69	6	„	5836·1	10	Thalén, Huggins, Krüss
—	—		5819·64	1	verschwommen	—	—	
—	—		5789·11	2	verbreitert	5790	1	Huggins
—	—		5767·46	1	undeutlich	—	—	
—	—		5762·21	1	verschwommen	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		5760·14	5	ziemlich scharf	5758	1	
—	—		5742·25	2	stark verbreitert	—	—	
—	—		5732·52	2	unscharf	—	—	
—	—		5730·88	1	sehr undeutlich	—	—	
—	—		5727·11	3	scharf	5725	1	Lecoq de Boisbau-
—	—		5711·14	4	verbreitert	—	—	dran[1]) [2]), Krüss
—	—		5692·49	1	undeutlich	—	—	
—	—		5688·70	3	scharf	—	—	
—	—		5679·65	1	undeutlich	—	—	
—	—		5666·82	1	„	—	—	
—	—		5662·90	1	„	—	—	
5656·0	—		5655·95	6	scharf	5653	1	Huggins, Lecoq de
—	—		5651·02	1	verschwommen	—	—	Boisbaudran, Krüss
—	—		5649·44	1	„	—	—	
—	—		5648·11	1	stark verbreitert	—	—	
—	—		5645·91	3	„	—	—	
—	—		5644·51	3	unscharf	—	—	
—	—		5641·61	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5619·99	1	unscharf	—	—	
—	—		5600·36	2	verbreitert	—	—	
—	—		5598·48	4	verschwommen	—	—	
—	—		5594·50	3	verbreitert	—	—	
—	—		5593·93	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5591·49	2	verbreitert	—	—	
—	—		5688·08	4	sehr verbreitert	—	—	
—	—		5585·87	1	sehr verschwommen	—	—	
—	—		5578·72	5	stark verbreitert	5580	1	Huggins, Krüss
—	—		5576·42	1	verbreitert	—	—	
—	—		5566·92	1	verschwommen	—	—	
—	—		5565·38	2	sehr verbreitert	—	—	
—	—		5559·82	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5550·47	1	„	—	—	
—	—		5543·93	4	verschwommen	—	—	
—	—		5532·69	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5520·67	3	„	—	—	
—	—		5514·60	1	sehr verschwommen	—	—	
—	—		5511·70	1	„	—	—	
—	—		5506·42	1	„	—	—	
—	—		5495·86	1	undeutlich	—	—	
—	—		5487·87	1	verschwommen	—	—	
—	—		5465·87	1	„	5463	—	Krüss
—	—		5428·64	3	scharf	—	—	
—	—		5423·66	1	verschwommen; verbreitert	—	—	
—	—		5418·77	1	„	5418	—	Lecoq de Boisbau-
—	—		5413·42	3	scharf	—	—	dran[2])
—	—		5409·80	1	„	—	—	
—	—		5394·69	3	sehr verschwommen	—	—	
—	—		5383·73	1	verschwommen	—	—	
—	—		5381·38	2	„	—	—	
—	—		5363·63	2	„	—	—	
—	—		5355·05	2	„	—	—	
—	—		5351·36	1	ganz verschwommen	—	—	
—	—		—	—		5294	—	Krüss
—	—		5269·41	1	verbreitert	—	—	
—	—		5265·83	1	„	—	—	Lecoq de Boisbau-
—	—		5262·05	3	scharf	5259	—	dran[1]) Krüss

[1]) Von Lecoq de Boisbaudran im Funkenspectrum einer Chlorgoldlösung beobachtet.
[2]) Von Lecoq de Boisbaudran im Flammenspectrum des Chlorgoldes beobachtet.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
5230·47	4		5230·53	8	scharf[1])	5230·2	10	Thalén (Huggins)
—	—		5203·21	1	„[2])	—	—	
—	—		5147·76	3	„	—	—	
—	—		5142·62	1	undeutlich	5143	—	Lecoq de Boisbaudran[3])[4])
—	—		5108·20	2	sehr verschwommen	—	—	
—	—		5087·87	1	verbreitert	—	—	
5064·75	2		5064·76	5	ziemlich scharf	5067	1	Huggins, Lecoq de Boisbaudran, Krüss
—	—		5041·83	1	undeutlich	—	—	
—	—		5016·51	1	„	—	—	
—	—		5005·10	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		5001·39	2	„	—	—	
—	—		4973·63	1	undeutlich	—	—	
—	—		4949·05	2	verschwommen	—	—	
—	—		4920·50	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4902·45	4	„	—	—	
—	—		4828·70	1	„	—	—	
—	—		4813·58	2	ganz verschwommen	—	—	
—	—		4811·57	5	scharf	4811	1	Huggins, Krüss
4792·79	3		4792·79	8	stark verbreitert[2])	4792·1	6	Thalén, Huggins, Krüss
—	—		4760·34	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4753·90	3	„	—	—	
—	—		4715·43	1	„	—	—	
—	—		4712·92	2	„	—	—	
—	—		4701·63	2	„	—	—	
—	—		4698·50	3	„	—	—	
—	—		4696·12	2	„	—	—	
—	—		4686·96	1	„	—	—	
—	—		4684·30	6	„	—	—	
—	—		4683·84	6	scharf	—	—	
—	—		4679·21	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4673·24	6	scharf	—	—	
—	—		4649·96	3	stark verbreitert	—	—	
—	—		4643·26	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4640·72	1	„	—	—	
—	—		4637·37	3	„	—	—	
—	—		4633·23	3	„	—	—	
—	—		4630·58	3	„	—	—	
—	—		4627·98	3	„	—	—	
—	—		4622·02	2	stark verbreitert	—	—	
—	—		4614·85	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4614·19	1	„	—	—	
—	—		4611·98	1	„	—	—	
—	—		4607·80	6	„	4608	—	Lecoq de Boisbaudran[4]), Krüss
—	—		4601·57	2	„	—	—	
—	—		4587·91	7	stark verbreitert	—	—	
—	—		4583·87	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4582·05	4	„	—	—	
—	—		4577·74	2	„	—	—	
—	—		4576·15	2	„	—	—	
—	—		4573·14	1	„	—	—	
—	—		4570·85	1	„	—	—	
—	—		4559·05	6	verbreitert	—	—	
—	—		4549·64	6	„	—	—	
—	—		4543·86	3	„	—	—	

[1]) Krüss bestreitet die Zugehörigkeit dieser Linie zu Gold — jedoch mit Unrecht.
[2]) In dem mittelst der Wood'schen Rolle erhaltenen Funkenspectrum einseitig nach Roth verbreitert.
[3]) Von Lecoq de Boisbaudran im Flammenspectrum des Chlorgoldes beobachtet.
[4]) Von Lecoq de Boisbaudran im Funkenspectrum einer Chlorgoldlösung beobachtet.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		4541·40	4	scharf	—	—	
—	—		4523·20	4	verschwommen	—	—	
—	—		4492·49	2	„	—	—	
4488·46	4		4488·43	8	scharf	4489	3	Huggins, Lecoq, Krüss
4437·44	4		4437·37	4	„ [1])	4437	8	„ „ „
—	—		4420·69	3	„	—	—	
—	—		4410·55	2	unscharf	—	—	
—	—		4395·72	3	„	—	—	
—	—		4382·25	2	„	—	—	
—	—		4373·70	2	scharf	—	—	
—	—		4370·46	8	„	—	—	
4364·72	1		—	—		—	—	
—	—		4328·65	1	„	—	—	
—	—		4315·34	8	„	4314 4315	— 8	Lecoq de Boisb. [2]) Krüss
—	—		4310·70	1	unsicher	—	—	
—	—		4309·21	1	„	—	—	
—	—		4303·15	1	„	—	—	
—	—		4292·80	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4290·20	1	unscharf	—	—	
—	—		4280·60	1	„	—	—	
—	—		4279·24	1	verschwommen	—	—	
—	—		4276·0	1	„	—	—	
—	—		4260·01	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4255·0	3	verschwommen	—	—	
4241·99	2		4241·95	3	unscharf	—	—	
—	—		4221·87	2	sehr verbreitert	—	—	
—	—		4219·11	1	verbreitert	—	—	
—	—		4211·0	2	„	—	—	
—	—		4199·54	2	„	—	—	
—	—		4186·29	2	„	—	—	
—	—		4184·65	1	„	—	—	
—	—		4175·28	3	sehr verbreitert	—	—	
—	—		4172·90	2	verbreitert	—	—	
—	—		4171·42	2	„	—	—	
—	—		4170·0	1	„	—	—	
—	—		4142·30	1	unscharf	—	—	
—	—		4128·80	1	verschwommen	—	—	
—	—		4162·31	2	„	—	—	
—	—		4118·52	1	undeutlich	—	—	
—	—		4089·95	2	verschwommen	—	—	
4084·26	2		4084·31	4	ziemlich scharf	—	—	
—	—		4076·60	3	scharf	—	—	
—	—		4070·76	1	„	—	—	
4065·22	—		4065·20	10	scharf; Hauptlinie	4064	—	Lecoq de Boisbaudran
—	—		4053·0	6	scharf	—	—	
4041·07	2		4041·07	4	„	—	—	
—	—		4028·66	2	„	—	—	
—	—		4021·83	1	verschwommen	—	—	
—	—		4020·86	1	„	—	—	
—	—		4016·27	8	scharf	—	—	
—	—		4012·87	2	„	—	—	
—	—		4010·63	1	„	4009	—	Krüss
—	—		4002·57	3	ziemlich scharf *	—	—	
—	—		4001·60	3	„ *	—	—	

[1]) In dem mittelst der Wood'schen Rolle erhaltenen Funkenspectrum einseitig nach Roth verbreitert.
[2]) Von Lecoq de Boisbaudran im Funkenspectrum einer Chlorgoldlösung beobachtet.
* Die mit * bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche im schwachen und sehr starken Flaschenfunken auftreten.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		3996·96	1	scharf *	—	—	
—	—		3991·64	1	„ *	—	—	
—	—		3990·0	1	„ *	—	—	
—	—		3986·48	1	verschwommen *	—	—	
—	—		3986·04	1	„ *	—	—	
—	—		3084·18	1	„	—	—	
—	—		3982·87	2	„	—	—	
—	—		3979·72	3	„ *	—	—	
—	—		3976·80	3	„ *	—	—	
—	—		3971·80	3	„ **	—	—	
—	—		3959·35	5	scharf **	—	—	
—	—		3950·19	2	„ *	—	—	
—	—		3945·69	2	sehr verschwommen *	—	—	
—	—		3945·19	1	„	—	—	
—	—		3937·80	1	„ *	—	—	
—	—		3936·42	1	verschwommen *	—	—	
—	—		3933·16	4	ziemlich scharf *	—	—	
—	—		3927·82	3	„	—	—	
—	—		3922·66	1	„ *	—	—	
—	—		3920·28	1	„ *	—	—	
—	—		3919·08	1	verschwommen **	—	—	
—	—		3916·15	6	scharf **	—	—	
—	—		3915·03	2	„ *	—	—	
3909·54	2		3909·60	3	sehr scharf *	—	—	
—	—		3903·47	2	„ *	—	—	
—	—		3900·72	2	ziemlich scharf *	—	—	
3898·04	4	verbreitert	3898·03	10	scharf; Hauptlinie *	—	—	
—	—		3895·65	1	unscharf *	—	—	
—	—		3893·52	1	verschwommen *	—	—	
—	—		3892·65	3	scharf *	—	—	
—	—		3889·58	2	unscharf *	—	—	
—	—		3880·34	3	scharf *	—	—	
—	—		3877·45	4	„ **	—	—	
—	—		3874·96	4	„ *	—	—	
—	—		3872·81	2	„ **	—	—	
—	—		3868·50	2	verschwommen *	—	—	
—	—		3865·70	4	ziemlich scharf[1]) *	—	—	
—	—		3859·53	3	„ **	—	—	
—	—		3856·60	2	ganz verschwommen	—	—	
—	—		3853·76	6	scharf **	—	—	
—	—		3845·02	4	„ **	—	—	
—	—		3839·60	1	ziemlich scharf **	—	—	
—	—		3838·66	1	„ **	—	—	
—	—		3837·70	1	undeutlich **	—	—	
—	—		3834·42	1	„ **	—	—	
—	—		3831·31	4	scharf **	—	—	
—	—		3829·52	3	„ **	—	—	
—	—		3828·56	2	„ **	—	—	
—	—		3825·87	8	„ **	—	—	
—	—		3823·20	4	„ **	—	—	
—	—		3822·11	6	„ **	—	—	
—	—		3820·45	2	„ **	—	—	
—	—		3816·50	5	„ *	—	—	
—	—		3814·30	2	verschwommen **	—	—	
—	—		3811·60	2	„ **	—	—	

* Die mit * bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche im schwachen und sehr starken Flaschenfunken auftreten.
** Die mit ** bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche nur im stärksten Flaschenfunken auftreten.
[1]) Diese Linie coïncidiert mit einer Linie der Cd + Pb + Zn-Legierung.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		3810·41	2	undeutlich **	—	—	
—	—		3806·95	2	sehr verbreitert **	—	—	
—	—		3804·22	4	scharf *	—	—	
—	—		3800·75	3	„ **	—	—	
—	—		3799·44	2	verschwommen **	—	—	
—	—		3796·15	3	„	—	—	
—	—		3787·37	2	scharf **	—	—	
—	—		3783·30	2	„ **	—	—	
—	—		3780·13	5	„ **	—	—	
—	—		3777·25	2	„ **	—	—	
—	—		3773·31	4	„ **	—	—	
—	—		3771·12	3	„ **	—	—	
—	—		3770·14	4	„ **	—	—	
—	—		3765·76	4	„ **	—	—	
—	—		3765·10	3	„ **	—	—	
—	—		3763·10	2	„ **	—	—	
—	—		3759·03	3	„	—	—	
—	—		3754·85	3	„ *	—	—	
—	—		3752·90	3	„ **	—	—	
—	—		3746·5	1	sehr undeutlich **	—	—	
—	—		3744·54	2	scharf **	—	—	
—	—		3736·82	2	ziemlich scharf **	—	—	
—	—		3732·68	2	scharf **	—	—	
—	—		3730·92	2	„ **	—	—	
—	—		3724·46	2	„ **	—	—	
—	—		3718·02	2	„ *	—	—	
—	—		3716·89	1	„ **	—	—	
—	—		3714·96	1	„ **	—	—	
—	—		3708·30	4	„ **	—	—	
—	—		3706·99	4	„ *	—	—	
—	—		3702·49	3	„ **	—	—	
—	—		2698·65	2	„ **	—	—	
—	—		3695·68	2	ziemlich scharf **	—	—	
—	—		3694·14	2	verschwommen **	—	—	
—	—		3691·66	2	scharf **	—	—	
—	—		3690·18	1	„ **	—	—	
—	—		3687·60	3	„ **	—	—	
—	—		3686·21	2	„ **	—	—	
—	—		3684·0	1	sehr undeutlich **	—	—	
—	—		3681·39	2	verbreitert **	—	—	
—	—		3677·62	1	ziemlich scharf **	—	—	
—	—		3676·62	1	„ **	—	—	
—	—		3675·11	1	„ **	—	—	
—	—		3674·0	1	„ **	—	—	
—	—		3672·93	2	scharf **	—	—	
—	—		3671·34	2	„ **	—	—	
—	—		3664·61	1	„ **	—	—	
—	—		3663·70	1	„ **	—	—	
—	—		3662·57	1	„ **	—	—	
—	—		3661·79	1	„ **	—	—	
—	—		3658·05	1	„ **	—	—	
—	—		3657·35	2	„ **	—	—	
—	—		3654·56	1	„ **	—	—	
—	—		3654·22	2	„ **	—	—	
—	—		3653·66	3	„ **	—	—	
—	—		3650·93	2	„ *	—	—	

* Die mit * bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche im schwachen und sehr starken Flaschenfunken auftreten.
** Die mit ** bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche nur im stärksten Flaschenfunken auftreten.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland				Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung		λ	i	Name
—	—		3649·25	4	scharf	**	—	—	
—	—		3647·90	1	„	**	—	—	
—	—		3642·66	2	verschwommen	*	—	—	
—	—		3637·57	3	scharf	*	—	—	
—	—		3635·21	4	„	*	—	—	
—	—		3633·40	5	„	*	—	—	
—	—		3632·81	2	„	*	—	—	
—	—		3631·02	1	„	**	—	—	
—	—		3627·47	1	verschwommen	**	—	—	
—	—		3625·32	2	„	**	—	—	
—	—		3623·73	3	scharf	**	—	—	
—	—		3622·93	6	„	**	—	—	
—	—		3620·13	1	verschwommen		—	—	
—	—		3620·11	2	„	*	—	—	
—	—		3614·17	3	scharf	**	—	—	
—	—		3610·95	1	„	**	—	—	
—	—		3607·59	3	„	*	—	—	
—	—		3604·94	2	„	**	—	—	
—	—		3601·17	4	„	**	—	—	
—	—		3598·28	2	verschwommen	*	—	—	
—	—		3594·20	2	scharf	**	—	—	
—	—		3591·90	2	„	**	—	—	
—	—		3586·66	7	scharf; Hauptlinie	*	—	—	
—	—		3581·45	4	sehr unscharf	*	—	—	
—	—		3576·11	1	scharf	**	—	—	
—	—		3573·94	1	undeutlich		—	—	
—	—		3565·99	2	ziemlich scharf	*	—	—	
—	—		3557·13	2	sehr verschwommen	*	—	—	
—	—		3555·58	3	scharf	**	—	—	
3553·72	2		3553·72	6	„	*	—	—	
—	—		3549·26	2	„	**	—	—	
—	—		3548·26	1	„	**	—	—	
—	—		3541·71	3	„	**	—	—	
—	—		3539·18	3	verschwommen	**	—	—	
—	—		3528·25	2	„	**	—	—	
—	—		3523·42	3	ziemlich scharf	**	—	—	
—	—		3516·40	1	verschwommen	**	—	—	
—	—		3515·19	1	„	**	—	—	
—	—		3506·17	1	„	**	—	—	
—	—		3504·62	1	„	**	—	—	
—	—		3501·85	1	„	**	—	—	
—	—		3496·08	2	scharf	**	—	—	
—	—		3492·99	1	„	**	—	—	
—	—		3487·34	1	ziemlich scharf	**	—	—	
—	—		3484·60	1	„	**	—	—	
—	—		3476·58	1	unscharf	**	—	—	
—	—		3474·36	1	verschwommen	**	—	—	
—	—		3471·76	1	scharf	**	—	—	
—	—		3470·47	1	„	**	—	—	
3467·19	1	verbreitert	—	—			—	—	
—	—		3452·27	2	„	**	—	—	
—	—		3437·32	1	„	**	—	—	
—	—		3410·97	1	verschwommen	**	—	—	
—	—		3400·28	2	scharf	**	—	—	
—	—		3398·95	2	„ [1])	**	—	—	

* Die mit * bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche im schwachen und sehr starken Flaschenfunken auftreten.
** Die mit ** bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche nur im stärksten Flaschenfunken auftreten.
[1]) Diese Linie coïncidiert mit einer Linie in der Cd + Pb + Zn-Legierung.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		3393·87	1	scharf *	—	—	
—	—		3383·05	3	"	—	—	
—	—		3382·26	1	" *	—	—	
—	—		3360·47	2	verschwommen **	—	—	
—	—		3358·61	1	scharf *	—	—	
—	—		3355·35	1	" **	—	—	
—	—		3331·74	1	" **	—	—	
3320·32	4	verbreitert nach Roth	3320·32	2	verbreitert *	—	—	
—	—		3310·34	2	scharf **	—	—	
3308·42	5		3308·36	3	" *	—	—	
—	—		3286·56	2	stark verbreitert **	—	—	
—	—		3280·72	6	scharf	—	—	
—	—		3277·88	2	verschwommen **	—	—	
—	—		3273·84	4	verbreitert **	—	—	
—	—		3271·63	2	" **	—	—	
—	—		3270·17	2	" *	—	—	
—	—		3266·96	4	ziemlich scharf *	—	—	
3265·18	2		3265·18	4	" *	—	—	
—	—		3253·86	2	stark verbreitert **	—	—	
—	—		3251·73	2	verbreitert **	—	—	
—	—		3243·34	2	" **	—	—	
3230·73	4	verbreitert	3230·73	8	scharf; Hauptlinie *	—	—	
—	—		3228·0	5	scharf **	—	—	
—	—		3223·03	2	verschwommen	—	—	
—	—		3221·94	4	scharf	—	—	
—	—		3219·59	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3217·69	2	scharf	—	—	
—	—		3216·14	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3212·0	1	"	—	—	
—	—		3211·03	4	"	—	—	
3204·81	4	"	3204·75	8	scharf; Hauptlinie *	—	—	
3194·82	4	"	3194·90	5	scharf *	—	—	
3181·90	1	"	—	—		—	—	
—	—		3165·02	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3156·73	5	scharf	—	—	
—	—		3146·52	3	"	—	—	
—	—		3145·77	1	"	—	—	
—	—		3138·93	3	verschwommen	—	—	
—	—		3133·18	2	"	—	—	
—	—		3131·75	1	"	—	—	
—	—		3129·86	2	"	—	—	
3127·03	1	"	3127·24	4	scharf *	—	—	
3122·88	5	umgekehrt	3122·88	10	scharf; Hauptlinie *	—	—	
3117·08	4	verbreitert	3117·20	3	scharf *	—	—	
—	—		3106·70	1	"	—	—	
—	—		3104·09	2	"	—	—	
—	—		3093·28	3	verschwommen	—	—	
—	—		3091·47	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		3045·83	2	"	—	—	
3038·25	1	"	—	—		—	—	
3033·38	5	sehr unscharf	3033·35	4	stark verbreitert	—	—	
3029·32	3		3029·32	6	scharf	—	—	
3024·67	2	"	—	—		—	—	
—	—		3015·93	4	"	—	—	
3014·32	2	verbreitert	3014·50	2	verschwommen	—	—	
—	—		3001·81	2	ziemlich scharf	—	—	

* Die mit * bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche im schwachen und sehr starken Flaschenfunken auftreten.
** Die mit ** bezeichneten Linien sind Goldlinien, welche nur im stärksten Flaschenfunken auftreten.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2995·13	8	scharf	—	—	
—	—		2990·38	6	„	—	—	
—	—		2982·21	4	„	—	—	
2975·73	1	verbreitert	—	—		—	—	
2973·67	2	sehr unscharf	2973·63	1	sehr verschwommen	—	—	
2970·55	2	verbreitert	2970·66	1	verschwommen	—	—	
2963·89	4	„	2963·91	1	ziemlich scharf	—	—	
2962·12	1	sehr unscharf	—	—		—	—	
—	—		2959·90	1	sehr undeutlich	—	—	
—	—		2959·11	1	„	—	—	
—	—		2954·64	6	scharf	—	—	
2932·33	5	verbreitert	2932·33	5	„	—	—	
—	—		2918·48	4	„	—	—	
2913·63	4		2913·63	10	scharf; Hauptlinie	—	—	
—	—		2907·16	5	scharf	—	—	
2905·98	3	„	2906·07	3	verbreitert	—	—	
—	—		2893·51	5	ziemlich scharf	—	—	
2892·07	4	„	2892·05	3	„	—	—	
—	—		2885·69	3	scharf	—	—	
2883·55	4		2883·60	4	„	—	—	
—	—		2864·67	1	verschwommen	—	—	
—	—		2860·92	1	„	—	—	
—	—		2857·04	3	verbreitert	—	—	
—	—		2852·71	2	„	—	—	
—	—		2852·30	1	undeutlich	—	—	
—	—		2847·25	5	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2838·15	7	„	—	—	
—	—		2835·55	2	scharf	—	—	
—	—		2833·20	2	„	—	—	
—	—		2825·59	6	sehr scharf	—	—	
—	—		2822·87	5	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2820·09	10	verbreitert	—	—	
—	—		2805·45	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2802·39	10	scharf	—	—	
—	—		2795·69	3	„	—	—	
—	—		2780·95	3	„	—	—	
2748·35	4	umgekehrt	2748·35	5	„	—	—	
—	—		2732·17	2	„	—	—	
—	—		2721·97	2	„	—	—	
—	—		2703·42	2	„	—	—	
2701·03	4		2700·99	3	„	—	—	
—	—		2699·4	1	verschwommen	—	—	
—	—		2697·8	1	ziemlich scharf	—	—	
2694·40	1	verbreitert	2694·40	2	„	—	—	
—	—		2690·5	1	verschwommen	—	—	
2688·86	4		2688·75	4	scharf	—	—	
—	—		2688·24	2	„	—	—	
—	—		2687·68	4	„	—	—	
—	—		2686·0	1	verschwommen	—	—	
—	—		2682·3	1	„	—	—	
2676·05	10	umgekehrt	2676·05	8	scharf; Hauptlinie	—	—	
—	—		2672·3	1	schwach	—	—	
—	—		2670·7	1	„	—	—	
—	—		2667·07	2	scharf	—	—	
—	—		2665·25	3	„	—	—	
—	—		2651·2	1	„	—	—	
—	—		2645·5	2	verbreitert	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2641·70	8	scharf	—	—	
—	—		2635·4	1	unsicher	—	—	
—	—		2634·4	1	„	—	—	
—	—		2631·7	1	„	—	—	
—	—		2627·15	4	scharf	—	—	
—	—		2625·65	3	„	—	—	
—	—		2624·2	2	stark verbreitert; unsicher	—	—	
—	—		2622·0	2	unsicher	—	—	
—	—		2617·60	2	scharf	—	—	
—	—		2616·71	4	verschwommen	—	—	
—	—		2612·8	1	unsicher	—	—	
—	—		2611·9	1	„	—	—	
—	—		2610·5	1	„	—	—	
—	—		2609·6	2	verbreitert	—	—	
—	—		2607·4	1	undeutlich	—	—	
—	—		2605·0	1	„	—	—	
—	—		2599·5	2	scharf	—	—	
—	—		2592·0	3	„	—	—	
2590·19	4		2590·23	6	„	—	—	
—	—		2583·5	2	unscharf	—	—	
—	—		2580·1	1	unsicher	—	—	
—	—		2579·4	1	„	—	—	
—	—		2577·7	1	undeutlich	—	—	
—	—		2575·3	1	„	—	—	
—	—		2571·4	2	„	—	—	
—	—		2568·3	1	„	—	—	
—	—		2565·80	5	scharf	—	—	
—	—		2562·7	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2561·9	1	unsicher	—	—	
—	—		2558·0	2	verschwommen	—	—	
—	—		2552·92	3	scharf	—	—	
—	—		2550·25	3	„	—	—	
2544·30	4		2544·30	5	„	—	—	
—	—		2538·03	4	„	—	—	
—	—		2537·0	2	„	—	—	
—	—		2536·1	3	„	—	—	
—	—		2533·68	6	„	—	—	
—	—		2528·2	2	„	—	—	
—	—		2522·8	2	sehr unscharf	—	—	
—	—		2520·7	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2517·2	2	unscharf	—	—	
—	—		2515·2	3	scharf	—	—	
—	—		2511·7	1	unsicher	—	—	
2510·56	4		2510·60	5	scharf	—	—	
—	—		2506·4	2	„	—	—	
—	—		2503·42	8	„	—	—	
—	—		2495·3	1	„	—	—	
—	—		2492·7	3	verbreitert	—	—	
—	—		2491·4	1	scharf	—	—	
—	—		2490·4	2	„	—	—	
—	—		2488·3	2	„	—	—	
—	—		2483·4	2	unscharf	—	—	
—	—		2480·4	4	scharf	—	—	
—	—		2478·6	1	„	—	—	
—	—		2477·8	1	„	—	—	
—	—		2476·2	3	stark verbreitert	—	—	
—	—		2468·0	3	„	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2458·1	3	scharf	—	—	
—	—		2456·6	2	verbreitert	—	—	
—	—		2455·3	2	„	—	—	
—	—		2452·7	2	„	—	—	
—	—		2447·9	2	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2446·6	1	undeutlich	—	—	
—	—		2445·6	4	verbreitert	—	—	
—	—		2444·3	1	„	—	—	
—	—		2442·3	2	„	—	—	
—	—		2437·8	3	scharf	—	—	
—	—		2434·5	1	verschwommen	—	—	
—	—		2433·7	2	scharf	—	—	
—	—		2433·3	2	„	—	—	
2428·06	10	umgekehrt	2428·10	10	Hauptlinie	—	—	
—	—		2423·8	2		—	—	
—	—		2419·4	1	verschwommen	—	—	
—	—		2419·1	1	erscheint bei schwachem Strome als einfache verwaschene Bande	—	—	
—	—		2417·4	2		—	—	
—	—		2416·6	2		—	—	
—	—		2414·7	1	verschwommen	—	—	
—	—		2413·4	3	scharf	—	—	
—	—		2411·5	2	„	—	—	
—	—		2410·7	1		—	—	
—	—		2408·8	2	verschwommen	—	—	
—	—		2407·5	2	„	—	—	
—	—		2405·2	3	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2402·7	4	„	—	—	
—	—		2401·5	2	„	—	—	
—	—		2400·2	1	coïncidiert mit einer Cu-Linie	—	—	
—	—		2399·3	1		—	—	
—	—		2395·7	1		—	—	
—	—		2393·7	3	scharf	—	—	
—	—		2391·7	1	undeutlich	—	—	
—	—		2388·5	2	scharf	—	—	
2387·85	4		2387·9	4	„	—	—	
—	—		2384·3	2	„	—	—	
—	—		2382·6	4	etwas verbreitert	—	—	
—	—		2380·5	1	undeutlich	—	—	
—	—		2379·3	1	scharf	—	—	
—	—		2377·2	1	„	—	—	
—	—		2376·4	5	„	—	—	
—	—		2373·4	2	unscharf	—	—	
—	—		2371·8	4	ziemlich scharf	—	—	
—	—		2369·5	4	unscharf	—	—	
2364·69	4		2364·8	10	Hauptlinie, kehrt sich ziemlich leicht um	—	—	
—	—		2359·1	1	unscharf	—	—	
—	—		2357·9	1	„	—	—	
—	—		2355·5	2	scharf	—	—	
2352·75	4		2352·8	6	„	—	—	
—	—		2351·5	3	„	—	—	
—	—		2348·2	1	„	—	—	
—	—		2347·0	2	„	—	—	
—	—		2344·3	2	„	—	—	
—	—		2343·6	2	„	—	—	
—	—		2342·6	1	„	—	—	
—	—		2341·5	1	„	—	—	
—	—		2340·1	8	stark verbreitert	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2334·1	2	verbreitert	—	—	
—	—		2332·0	4	scharf	—	—	
—	—		2331·5	2		—	—	
—	—		2330·7	1		—	—	
—	—		2326·7	1	verschwommen	—	—	
—	—		2325·8	3	scharf	—	—	
—	—		2325·3	2	„	—	—	
—	—		2324·7	1	„	—	—	
—	—		2322·3	8	„	—	—	
—	—		2321·4	1	„	—	—	
—	—		2320·4	2	„	—	—	
—	—		2318·4	2	„	—	—	
—	—		2317·5	1	„	—	—	
—	—		2315·9	7	„	—	—	
—	—		2314·7	7	„	—	—	
—	—		2312·2	2	„	—	—	
—	—		2309·5	6	„	—	—	
—	—		2308·2	1	„	—	—	
—	—		2304·7	8	dick, verbreitert	—	—	
—	—		2301·1	1		—	—	
—	—		2300·4	1	scharf	—	—	
—	—		2298·3	1	verschwommen	—	—	
—	—		2296·9	2	scharf	—	—	
—	—		2295·1	2	„	—	—	
—	—		2294·1	2	verbreitert	—	—	
—	—		2291·5	6	„	—	—	
—	—		2288·7	2	scharf	—	—	
—	—		2287·7	3	verschwommen	—	—	
—	—		2286·7	1	undeutlich	—	—	
2283·42	4		2283·4	6	scharf	—	—	
—	—		2283·0	3	verschwommen	—	—	
—	—		2279·2	2	„	—	—	
—	—		2277·6	4	„	—	—	
—	—		2273·2	1	scharf	—	—	
—	—		2270·3	3	„	—	—	
—	—		2267·0	2	„	—	—	
—	—		2266·0	3	verbreitert	—	—	
—	—		2265·3	1	verschwommen	—	—	
—	—		2264·0	3	„	—	—	
—	—		2262·9	4	„	—	—	
—	—		2261·5	2	„	—	—	
—	—		2260·8	2	„	—	—	
—	—		2255·8	2	„	—	—	
—	—		2255·0	1	„	—	—	
—	—		2253·5	3	scharf	—	—	
—	—		2248·9	2	sehr verschwommen, vielleicht doppelt	—	—	
—	—		2246·7	3	verschwommen	—	—	
—	—		2243·6	1	„	—	—	
—	—		2242·7	6	scharf	—	—	
—	—		2240·4	4	verschwommen	—	—	
—	—		2237·7	2	„	—	—	
—	—		2233·8	3	„	—	—	
—	—		2231·4	4	„	—	—	
—	—		2229·1	6	„	—	—	
—	—		2222·6	2	„	—	—	
—	—		2220·6	3	scharf	—	—	
—	—		2219·4	2	„	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta bezogen auf Rowland			Frühere Beobachter		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Name
—	—		2215·9	3	verschwommen	—	—	
—	—		2213·2	4	scharf	—	—	
—	—		2210·6	3	„	—	—	
—	—		2210·3	1	„	—	—	
—	—		2206·0	3	„	—	—	
—	—		2201·6	5	„	—	—	
—	—		2193·7	1	„	—	—	
—	—		2192·7	1	„	—	—	
—	—		2190·7	1	„	—	—	
—	—		2189·3	5	„	—	—	
—	—		2186·9	2	„	—	—	
—	—		2185·7	2	„	—	—	
—	—		2184·2	2	„	—	—	
—	—		2172·3	3	„	—	—	
—	—		2167·7	2	„	—	—	
—	—		2160·7	2	verschwommen	—	—	
—	—		2159·2	2	„	—	—	
—	—		2157·4	3	„	—	—	
—	—		2154·4	2	„	—	—	
—	—		2140·5	1	undeutlich	—	—	
—	—		2138·0	2	verbreitert	—	—	
—	—		2133·4	1	„	—	—	
—	—		2129·7	1	scharf	—	—	
—	—		2126·8	2	„	—	—	
—	—		2125·3	5	„	—	—	
—	—		2113·7	1	„	—	—	
—	—		2110·8	9	scharf; Hauptlinie	—	—	
—	—		2098·8	1	undeutlich	—	—	
—	—		2098·2	1	scharf	—	—	
—	—		2095·0	1	undeutlich	—	—	
—	—		2085·4	1		—	—	
—	—		2083·1	1	scharf	—	—	
—	—		2082·1	8	„	—	—	
—	—		2071·7	1		—	—	
—	—		2064·0	1		—	—	
—	—		2059·9	1		—	—	
—	—		2056·6	1		—	—	
—	—		2055·4	1		—	—	
—	—		2044·7	5	„	—	—	
—	—		2012·3	1	unscharf	—	—	
—	—		2000·7	3	scharf	—	—	
—	—		1988·9	1	ziemlich scharf	—	—	
—	—		1977·3	1	„	—	—	

Über das rothe Spectrum des Argons.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 24. October 1895.)

Durch die Freundlichkeit von Lord Rayleigh erhielten wir Argongas, welches von Herrn Goetze in Leipzig mit grösster Sorgfalt in Vacuumröhren gefüllt wurde. Der Druck in diesen Röhren, welche wir zu unseren Versuchen verwendeten, betrug 1 bis 3 *mm*. Zur spectralanalytischen Untersuchung des Argons bedienten wir uns eines sehr lichtstarken Concavgitters von $^3/_4\,m$ Krümmungsradius und der photographischen Methode. Wir massen das Spectrum zweiter Ordnung und bezogen die Wellenlängen der Linien auf Rowland's Standards. Wir untersuchten das rothe und blaue Argonspectrum, welche Spectren erhalten werden, wenn man gemäss den Angaben des Herrn Crookes mit schwachen Funken ohne Leydenerflaschen, respective mit Flaschenfunken arbeitet.

Für das rothe Argonspectrum erhielten wir die nachfolgenden Zahlen. Darunter sind die mit * bezeichneten Linien der Tabelle auch im blauen Argonspectrum vorhanden, die übrigen Linien sind dem rothen Argonspectrum allein eigenthümlich. Als besonders charakteristische Linien des rothen Argonspectrums sind die Hauptlinien: $\lambda = 4628 \cdot 56$, 4596·22, 4522·49, 4510·85, 4300·18, 4272·27, 4259·42, 4251·25 — besonders die Gruppe 4200·76, 4198·42, 4182·07, 4164·36, 4158·63 — ferner 4044·56, 3949·13, 3834·83 zu erwähnen. Dies gilt natürlich nur für den von uns untersuchten Bezirk und wir werden weitere Messungen demnächst in den Schriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien veröffentlichen[1]). Zu bemerken wäre auch, dass das rothe Argonspectrum dann gut aufgelöst ist, wenn die Doppellinie $\lambda \left\{ \begin{matrix} 4191 \cdot 15 \\ 4190 \cdot 75 \end{matrix} \right\}$ gut getrennt erscheint. Sollte das blaue und rothe Argonspectrum zwei Elementen angehören, was keineswegs unwahrscheinlich ist, so wären obige Linien die charakteristischen Hauptlinien von einem derselben.

Wir geben folgende vorläufige Liste für den Bezirk $\lambda = 5060$ bis $\lambda = 3319$, worin i die Intensität der Linien (die schwächste = 1, die stärkste = 10) bedeutet.

---

[1]) Vergl. pag. 216 und 220 dieser Abhandlungen.

Wellenlänge der Linien im rothen Spectrum des Argons.

λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i
5060·27	1	* 4545·28	4	* 4348·11	8	4198·42	10	4033·11	3	* 3781·07	2	* 3581·83	1
5054·07	1	4523·54	1	* 4345·27	10	4191·15	6	* 4013·97	4	3775·62	2	* 3576·79	3
4888·27	1	4522·45	8	* 4335·42	8	4190·76	6	3979·81	2	* 3770·81	4	* 3571·89	3
4876·52	1	4510·83	10	* 4333·64	10	4182·07	9	* 3968·54	1	* 3765·43	2	* 3567·84	4
* 4847·95	3	4501·66	1	* 4332·15	2	4164·36	9	3960·24	1	3760·43	1	3564·48	2
* 4806·10	5	* 4498·62	1	* 4331·31	1	4158·63	10	3949·13	10	3743·89	1	* 3563·46	2
4768·80	2	* 4482·03	3	4321·77	1	4150·18	1	3947·70	5	* 3738·03	1	* 3561·13	1
* 4764·99	4	* 4475·15	1	4312·27	2	4147·30	2	* 3932·71	1	* 3729·44	3	* 3559·66	3
4753·02	2	4460·90	1	4300·18	10	4141·65	1	* 3928·82	4	* 3718·39	1	3556·16	2
4746·82	1	4434·22	1	4288·06	1	4134·48	1	* 3925·98	1	3696·66	2	3554·47	4
* 4736·03	6	* 4431·13	2	4284·24	1	* 4131·95	2	* 3914·93	1	3691·07	4	* 3546·07	2
* 4726·96	5	* 4430·35	4	4278·21	1	* 4104·10	3	3900·04	8	3675·38	2	* 3545·87	2
4702·38	3	* 4426·15	6	4272·27	10	* 4082·59	1	3894·76	4	3670·81	3	* 3514·67	2
* 4658·01	4	4424·09	3	* 4266·41	10	* 4079·83	1	* 3892·10	1	3659·70	3	3506·59	2
4647·75	1	* 4421·06	1	4265·40	2	* 4077·47	1	3875·27	1	3649·95	4	* 3191·71	3
4628·66	8	* 4401·17	5	4259·42	10	* 4072·15	1	* 3868·68	3	3643·27	3	* 3476·94	2
* 4609·69	4	* 4400·20	3	4251·25	6	4055·91	1	3866·44	1	3635·60	4	3461·21	2
4602·63	1	* 4379·79	4	4247·68	1	4054·68	4	* 3850·70	5	3632·83	4	3393·90	2
4596·25	10	* 4376·15	2	* 4228·30	4	4046·01	4	3834·83	8	3606·77	1	3392·99	1
4590·03	3	* 4371·46	3	4212·37	1	4044·56	8	* 3809·58	2	* 3588·58	2	3373·64	1
4589·40	5	* 4370·89	2	4210·14	1	* 4043·02	2	3781·46	3	* 3582·51	2	3319·35	1
* 4579·49	3	4363·93	4	4200·76	10								

Über drei verschiedene Spectren des Argons

(vorläufige Mittheilung).

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 19. December 1895).

Nach W. Crookes[1]) gibt das Argon zwei verschiedene Spectren, je nachdem man eine «niedrige oder eine hohe elektromotorische Kraft» und weniger oder mehr heisse Funken verwendet; in ersterem Falle leuchtet die Capillare der Plücker'schen Röhren, welche Argon bei 2 bis 3 *mm* Druck enthalten, roth (zum Beispiel bei Verwendung eines Ruhmkorff'schen Inductoriums ohne Leydenerflaschen), in letzterem Falle (nach Einschaltung von einer Leydenerflasche, besonders mit stärkerem Strom und grösserem Ruhmkorff) leuchtet die Capillare hellblau. Diese beiden Arten von Spectren, deren Hauptlinien Crookes ausmass, bezeichnet derselbe der Kürze halber als «rothes» und «blaues» Argonspectrum.

Beide Spectren sind Linienspectren, jedoch von einander stark verschieden. Wir haben diese beiden Spectren, von denen das eine meistens Linien des anderen enthält, ohne Schwierigkeit erhalten können und in einer vorläufigen Mittheilung eine Anzahl Wellenlängen des rothen Argonspectrums publiciert[2]), welche wir genau gemessen haben und welche verlässlichere Werte repräsentieren, als die Crookes'schen Zahlen, weil wir mit Hilfe unseres vorzüglichen Concavgitters eine viel grössere Dispersion und eine bessere Auflösung erzielten, als Crookes mit seinen Prismenapparaten, welche, sobald Bergkrystallapparate in Betracht kommen, nur im stärkst brechbaren Theile mit beträchtlicher Genauigkeit arbeiten.

Einen Bezirk des blauen Argonspectrums hat Kayser genau gemessen[3]) (von $\lambda = 5145 \cdot 66$ bis $\lambda = 3454 \cdot 29$) und zwar stimmen unsere Messungen sehr vollkommen mit den Kayser'schen überein. Wir massen das gesammte «blaue» Argonspectrum (unter Anwendung von mit Bergkrystall verschlossenen Röhren), begnügen uns aber, in dieser vorläufigen Mittheilung nur die Ergebnisse unserer Beobachtungen im brechbarsten Ultraviolett mitzutheilen, denn dieser Theil ist in diesem Falle so gut wie unbekannt, mit Ausnahme weniger von Crookes entdeckter und nicht sehr genau gemessener Linien. Wir konnten das äusserste Ultraviolett bis $\lambda = 2000$ verfolgen und mit solcher sehr grosser Deutlichkeit bis $\lambda = 2050$ photographieren, dass wir scharfe Wellenlängenbestimmungen vornehmen konnten. Während Crookes nach der Linie $\lambda = 2438$ nur mehr eine einzige stärker brechbare Linie ($\lambda = 2246$) fand, waren wir durch eine besondere Versuchsanordnung im Stande, das prächtige, scharf

[1]) Zeitschr. f. physikalische Chemie, 1895, Bd. XVI, pag. 368.
[2]) Vergl. pag. 214 dieser Abhandlungen.
[3]) Chem. News, Bd. LXXII, 1895, pag. 99, Nr. 1866 vom 30. August 1895.

gezeichnete ultraviolette Linienspectrum des Argons (im Flaschenfunken bei 2 *mm* Druck) genau zu messen und die Wellenlängen von mehr als 150 Linien zu bestimmen (s. nachstehende Tabelle).

Der Nachweis, dass dem Argon im äussersten Ultraviolett ein so helles, wohl definiertes linienreiches Spectrum zukommt, ist insoferne bemerkenswert, als der Stickstoff in diesen Bezirken eine äusserst geringe Lichtkraft unter sonst gleichen Verhältnissen aufweist und sich derartig anders verhält, dass man wohl zu der Annahme berechtigt ist, dass der Stickstoff und das Argon nicht zu verwandten Elementengruppen gehören.

«Blaues» Argon-Spectrum im äussersten Ultraviolett.

(Eder und Valenta, bezogen auf Rowland's Normalspectrum).

λ	Bemerkung		λ	Bemerkung		λ	Bemerkung	
2438·8		6	2362·9		1	2269·8		1
2436·9		2	2361·9		1	2268·7		1
2432·8		4	2360·2		3	2267·1		1
2430·5		1	2358·5		1	2265·2		3
2430·1		2	2357·7		3	2263·0	verschwommen	2
2429·4		1	2355·1		1	2257·9		1
2425·4		2	2354·3		3	2256·6		1
2424·5		2	2353·7		1	2255·4		1
2423·9		3	2350·6		4	2254·4	verbreitert	2
2423·6		2	2346·7		1	2252·4		4
2422·7		2	2345·4		1	2251·5		1
2421·6		2	2344·4		5	2249·4		1
2420·6		4	2339·9		3	2246·1		1
2418·9		3	2337·8	verschwommen	5	2243·7		4
2417·3		2	2333·2		1	2241·8		1
2415·7	einseitig verbreitert	6	2331·7	verschwommen	4	2241·1		3
2414·3		3	2328·2		1	2237·9		1
2413·2		3	2324·7		1	2236·6		1
2412·6		2	2319·5		1	2235·7		3
2411·2		4	2318·0	} charakteristische Gruppe	2	2234·7		4
2410·4		2	2317·6	}	2	2233·6		1
2409·6		1	2316·5	}	4	2231·6		2
2408·2		1	2315·0	}	3	2230·1		1
2406·7		3	2314·0	}	4	2229·7		3
2405·2	verbreitert nach Roth	2	2309·4	}	4	2227·4		3
2404·4		4	2307·5		1	2225·8		3
2403·4		2	2305·8		1	2221·7		1
2403·3		1	2302·1		3	2221·4		1
2400·0		1	2300·9		1	2219·9		4
2399·3		3	2300·3		2	2219·0		2
2398·4		3	2295·4		1	2216·3		2
2397·5		1	2293·0		1	2211·0		1
2395·7		4	2292·2		3	2210·5		2
2391·0		1	2290·6		1	2205·8		2
2388·2	verschwommen	2	2289·9		2	2195·6		2
2386·8		3	2288·8		3	2191·7		1
2383·6		3	2287·1		1	2191·4		1
2382·6		1	2285·8	} charakteristische Gruppe	2	2190·6		1
2381·2		1	2284·0	}	2	2187·3		2
2380·0		1	2283·3	}	3	2185·5		2
2372·0		1	2282·6	}	5	2181·2		2
2369·4		1	2275·3		1	2175·6		3
2367·1		1	2275·0		2	2174·7		2
2364·2		4	2272·7		1	2171·5		3

λ	Bemerkung		λ	Bemerkung		λ	Bemerkung	
2165·8		3	2130·6		3	2092·1		1
2164·6		1	2129·5		1	2078·3		1
2162·1		1	2126·7		2	2077·2		1
2159·3		1	2120·0		1	2063·9		1
2154·1		1	2116·1		1	2057·6		1
2153·3		1	2106·1		1	2050·5		1
2151·2		2	2103·6		1			

Ausser den beiden bisher bekannten Argonspectren, dem «blauen» und «rothen» Spectrum, fanden wir noch ein drittes, welches entsteht, wenn man sehr grosse Condensatoren mit einem sehr grossen Ruhmkorff und starken Strömen in der Primärspule des Apparates zur Anwendung bringt. Unter diesen Umständen erhielten wir (namentlich bei 15 bis 20 *mm* Druck) eine glänzend weisse Lichterscheinung in der Capillare. Bei geringerem Drucke (2 bis 10 *mm*) ist das dritte Spectrum dadurch von den anderen unterschieden, dass manche Linien des blauen Argonspectrums darin heller werden, während andere schwächer auftreten und neue Linien dazu kommen. Das rothe Argonspectrum verschwindet dabei in Röhren von niedrigem Drucke spurlos, in solchen von höherem Drucke aber bleibt es partiell bestehen. Bei 20 *mm* Druck strahlt unter diesen Umständen die Capillare ein blendend weisses Licht aus, welches ein sehr merkwürdiges, für die Spectralanalyse principiell höchst wichtiges spectroskopisches Verhalten zeigt. Die scharfen Linien des Spectrums verbreitern sich grösstentheils sehr stark, zum kleinen Theile bleiben sie scharf.

Viele der Linien bleiben hiebei in völliger Coïncidenz mit Linien des «blauen» oder «rothen» Argonspectrums, aber ganze Gruppen von Linien zeigen eine Verschiebung gegen Roth, (durchschnittlich um vielleicht ungefähr $^1/_2$ bis 1 AE.), obschon ihre Zusammengehörigkeit zu correspondierenden scharfen Linien des «blauen» Argonspectrums augenscheinlich vorliegt.

Bei manchen Linien findet eine einseitige Verbreiterung statt, so dass durch dieses Phänomen die erwähnte Verschiebung für eine scheinbare gehalten werden könnte. Dagegen sind bei vielen Linien die Verschiebungen um so vieles grösser als die Verbreiterung, dass man gezwungen ist, eine wahre und wirkliche Verschiebung dieser Linien, respective Änderung der Wellenlängen anzunehmen, welche durchaus nicht unbedeutend ist, wenngleich man von vornherein nicht zu dieser Annahme geneigt sein mag.

Den Grund, weshalb diese Verschiebungen nur einen Theil der Linien treffen, können wir derzeit nicht angeben, jedoch besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen diesen Erscheinungen und dem in den Röhren herrschenden Drucke, sowie der Art der elektrischen Erregung und der Temperatur in denselben.

Arbeitet man mit Argonröhren, in denen ein geringer Druck (von $^1/_{10}$ bis 2 *mm*) herrscht, so ergibt sich die bemerkenswerte Thatsache, dass beim stundenlangen Durchschlagen des Funkens, wenn derselbe kräftig genug ist, allmählich das rothe Argonspectrum zurücktritt, mehr und mehr Linien des blauen Spectrums auftreten; bei Röhren von $^1/_{10}$ *mm* Druck kann man anfangs ganz wohl das rothe Argonspectrum erhalten, wenn es auch Linien des blauen Spectrums enthält — nach ein bis zwei Stunden verliert sich aber das rothe Argonspectrum, indem augenscheinlich ein Theil des Argons, sei es durch Absorption eines eventuell vorhandenen fremden Bestandtheiles oder des Argons als solches durch die Aluminiumelektroden und den Einfluss des Funkens verschwindet.

Schliesslich erwähnen wir noch, dass wir das Glimmlicht an den Elektroden im Ruhmkorff-Funken mit und ohne Leydenerflascheneinschaltung studierten und constatierten, dass die Erscheinungen im weiten Theile des Rohres nicht identisch mit denjenigen in der Capillare sind. Ferner stellten wir fest, dass (wenigstens für den Bezirk $\lambda = 4806$ bis 3285) das Glimmlicht am positiven und negativen Pole (bei

Einhaltung sonst analoger Versuchsbedingungen) identisch ist und somit die für Stickstoff charakteristischen Polerscheinungen fehlen.

Trotzdem wir mehrfache und vorzüglich definierte Spectrumphotographien des Polglimmlichtes (welches sich übrigens nur sehr schwierig photographieren lässt) erhielten, konnten wir doch niemals eine Bestätigung der Angaben von Crookes finden, dass das «rothe Argonspectrum» durch den positiven, das «blaue» durch den negativen Pol bedingt sei.

Genaue Wellenlängemessungen, welche diese Angaben völlig erhärten, sowie heliographische Reproductionen unserer Spectrumphotographien mittelst Concavgitter, welche namentlich unsere Angaben bezüglich der Verschiebung gewisser Liniengruppen augenscheinlich demonstrieren, befinden sich in der nachfolgenden Abhandlung, pag. 220 ff.

Spectralanalytische Untersuchung des Argons.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 11. Juni 1896.)

In der Abhandlung «Argon, ein wesentlicher Bestandtheil der Atmosphäre», worin Lord Rayleigh und William Ramsay die Entdeckung dieses neuen Körpers zuerst bekannt gaben, wurde auch des charakteristischen spectralanalytischen Verhaltens von Argon Erwähnung gethan [1]).

Gleichzeitig veröffentlichte W. Crookes [2]) seine Untersuchungen über «das Spectrum des Argons», bestimmte die Wellenlängen von beiläufig 200 Spectrallinien und kam zu dem Ergebnisse, dass «er kein anderes Gas, auch keinen Dampf finden könne, die ein dem Argon gleiches Spectrum gezeigt hätten». «Soweit die Spectraluntersuchung entscheiden kann, muss der Ausspruch gethan werden, dass Lord Rayleigh und Professor Ramsay (durch die Entdeckung des Argons) ein, wenn nicht zwei Glieder der Familie der Elemente hinzugefügt haben».

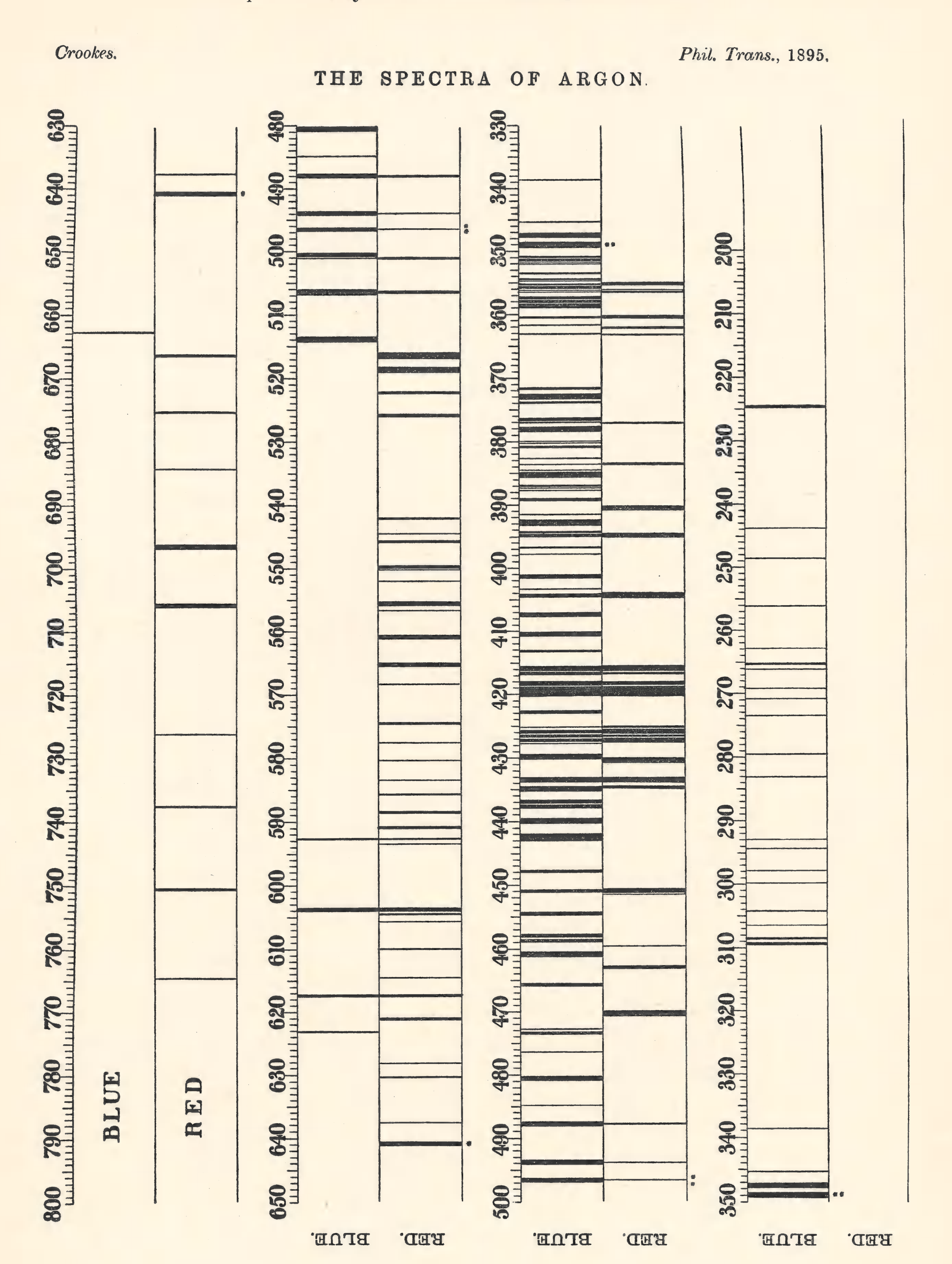
In der That kann aus dem spectralanalytischen Befunde die Schlussfolgerung gezogen werden, dass das Argon ein eigenthümlicher, von den anderen bekannten Elementen charakteristisch verschiedener Körper sei und die Spectralanalyse lieferte den positiven Nachweis, dass das Argon ein neues Element oder vielleicht ein Gemische zweier solcher Elemente darstelle.

W. Crookes entdeckte auch die Existenz zweier unter sich verschiedener Spectren des Argons. Das eine derselben entsteht, wenn man den Funken eines Ruhmkorff'schen Inductoriums (ohne Leydenerflaschen) durch eine bei circa 3 *mm* Druck gefüllte Argonröhre schlagen lässt; die Capillare der Röhre leuchtet dabei glänzend roth und gibt ein eigenthümliches Spectrum, welches von Crookes der Einfachheit halber als «rothes» Argonspectrum bezeichnet wird.

Bei Verminderung des Druckes im Rohre und Einschaltung einer Leydenerflasche in die Secundärleitung ändert sich die Farbe in der Capillare und geht in ein brillantes Stahlblau über; dieses Spectrum, welches von Crookes als «blaues Argonspectrum» bezeichnet wird, zeigt fast vollständig verschiedene Linien. Crookes sagt: «Es ist nicht leicht, die blaue Farbe und das betreffende Spectrum vollständig frei vom «rothen» zu erhalten. Das «rothe» Spectrum erhält man leicht, wenn man einen grossen Ruhmkorff anwendet und denselben mit einem Strome von 3 Ampère und 6 Volt speist; dann zeigt das Spectrum keine Neigung, in das blaue überzugehen. Die blaue Farbe erhält man mit einer grossen Spirale, wenn letztere von einem Strome von 3·84 Ampère und 11 Volt gespeist wird und eine Flasche von

[1]) Zeitschr. f. phys. Chemie, 1895, Bd. XVI, pag. 360.
[2]) Zeitschr. f. phys. Chemie, 1895, Bd. XVI, pag. 369.

Spectralanalytische Untersuchung des Argons.



Druck der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien.



50 Quadratzoll Oberfläche eingeschaltet ist. Mit einer kleinen Spirale kann man eine sehr schöne blaue Farbe erzielen, wenn man eine dreizellige Grove'sche Batterie, eine Leydenerflasche von 120 Quadratzoll Oberfläche und einen schnellen Unterbrecher anwendet. Es scheint, dass eine niedrige elektromotorische Kraft (Funke von 3 *cm* Länge) erforderlich ist, um die rothe, und ein sehr heisser Funke, um die blaue Farbe hervorzubringen».

Crookes hatte im blauen Spectrum 119 und im rothen 80, zusammen 199 Linien gezählt; davon hält er 26 Linien beiden Spectren für gemeinsam. Tafel X gibt eine Reproduction der von Crookes gelieferten Zeichnung der beiden Argonspectren.

Wie man sieht, ist das spectralanalytische Verhalten des Argons ein ganz charakteristisches. Es ist zweifelhaft, wie man diese verschiedenen Spectren einander zuordnen soll und aus diesem Grunde, sowie behufs der Identificierung des Argons in fremden Gasgemischen (Gasausströmungen aus der Erde, aus Quellen, aus Mineralien etc.) erscheint eine genaue Kenntnis des Argonspectrums von Wert.

Die ausgezeichneten Spectralbeobachtungen von Crookes, welche den Charakter des blauen und rothen Argonspectrums vortrefflich wiedergeben, sind mittelst Apparaten von relativ geringer Dispersion (Quarzspectrographen) vorgenommen, so dass die Wellenlängen nur einen mässigen Grad von Genauigkeit erreichen; es finden sich häufig Fehler von ± 1 AE. und darüber.

S. Friedländer hat später mittelst eines Spectralapparates à vision directe von mässiger Dispersion und eines starken Ruhmkorff'schen Inductors eine Anzahl Spectrallinien ocularıter bestimmt und Zahlen gefunden, welche den Crookes'schen Bestimmungen an Genauigkeit nachstehen, wohl hauptsächlich deshalb, weil eben der verwendete Spectralapparat eine noch geringere Dispersion als jener, welchen Crookes verwendete, besass.

Friedländer [1]) führt eine Anzahl von Argonlinien, welche mit den Crookes'schen, sowie mit unseren Beobachtungen insoweit übereinstimmen, dass man (in Erwägung der grossen Beobachtungsfehlergrenze bei Friedländer, welche eine Angström'sche Einheit übersteigt) annehmen kann, dass die Friedländer'schen mit den von Crookes und von uns gemessenen Linien identisch sind. Die Friedländer'schen Zahlen der Wellenlängen des Argons sind weniger vollständig als die Crookes'schen und machen wohl keinen Anspruch darauf, genaue Werte von Wellenlängen zu repräsentieren.

Professor H. Kayser [2]) verdanken wir die Erweiterung unserer Kenntnisse der genauen Wellenlängen eines Bezirkes des Argonspectrums, indem er in seiner Abhandlung sehr genaue Wellenlängenmessungen von $\lambda = 3455 \cdot 291$ bis $\lambda = 5145 \cdot 659$ mittheilte. Da sich diese Messungen nur auf den einen Theil des blauen Argonspectrums beziehen und einen Gasdruck (von 2·2 *mm*, bei welchem das blaue Argonspectrum besonders gut hervortritt) zum Gegenstande haben, so sahen wir uns Ende 1895 ver-

---

[1]) Zeitschr. f. phys. Chemie, 1896, Bd. XIX, pag. 662.

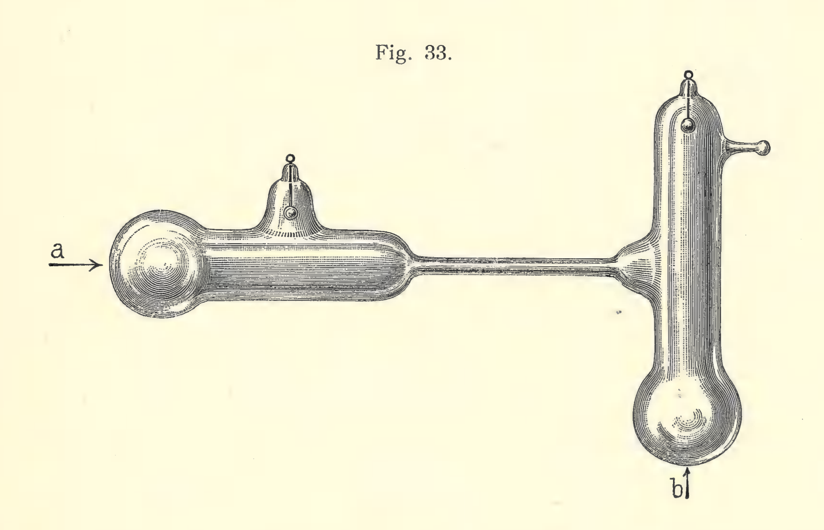
[2]) Chemic. News, 30. August 1895, Bd. LXXII, pag. 99. — Eine spätere ausführlichere Mittheilung Prof. Kayser's: «Über die Spectren des Argons» erfolgte in den Sitzungsber. d. kön. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin am 7. Mai 1896 (Bd. XXIV). Diese Abhandlung gelangte erst zu einem späteren Zeitpunkte (Mitte Juni) durch freundliche Zusendung durch Herrn Prof. Kayser in unsere Hände, nachdem wir unsere Abhandlung bereits der kais. Akad. d. Wissensch. in Wien übergeben hatten. Andererseits kannte Prof. Kayser nur unsere älteren vorläufigen Mittheilungen über das Argonspectrum, in welchem wir die verschiedenen Argonspectren noch nicht getrennt hatten, was wir mittlerweile sehr eingehend und sorgfältig durchgeführt haben. Einzelne Bezirke, namentlich im ersten Argonspectrum, haben wir mit unserem lichtstarken Gitter durchforschen können, während das Kayser'sche Gitter mit langem Focus infolge zu langer Belichtungszeiten dies mehrfach nicht gestattete. Die Vorzüglichkeit der Kayser'schen Messungen ist bekannt. Bezüglich der Übereinstimmung unserer Messungen mit jenen äussert sich Prof. Kayser (a. a. O.): «Vergleicht man meine (Kayser's) Messungen mit denen von Eder und Valenta, so zeigt sich eine sehr erfreuliche Übereinstimmung, da die Differenzen meist nur wenig Huntertel einer AE. betragen, was wohl die äusserste erreichbare Genauigkeit für ein Gitter von kurzem Krümmungsradius ist, wie es Eder und Valenta benützen. Bei Crookes sind die Fehler viel grösser, sie erreichen mehrere Angström'sche Einheiten». — Die Messungsresultate der Kayser'schen letzten Abhandlung über Argon haben wir nachträglich (gelegentlich der Correcturvornahme) in unsere Tabellen eingeschaltet, um die Möglichkeit des vollständigen Vergleiches zu geben; denn in der späteren Abhandlung wurden einige Zahlenangaben der älteren Publication Kayser's von demselben rectificiert.

anlasst, eine vollständige Neubeobachtung des Argonspectrums unter verschiedenen Versuchsbedingungen vorzunehmen und zwar vom sichtbaren Theile bis zum äussersten Ultraviolett. Unsere Überzeugung von der Nothwendigkeit einer derartigen Neubestimmung wurde dadurch bestärkt, dass wir schon zu Beginn unserer Untersuchung neue Ergebnisse bezüglich des rothen Argonspectrums fanden und in der Folge nebst dem «rothen» und «blauen» noch ein drittes, bis dahin gänzlich unbekanntes «weisses» Argonspectrum, an dem wir ganz besondere Phänomene beobachteten, entdeckten.

Hierüber veröffentlichten wir bereits vor längerer Zeit zwei «vorläufige Mittheilungen» [1]. Das von uns untersuchte Argon verdanken wir der Freundlichkeit Lord Rayleigh's, welcher uns eine zur Füllung der zahlreichen Plücker'schen Röhren hinlängliche Menge von ihm selbst dargestellten reinen Argons zusandte [2]. Dasselbe wurde von Götze in Leipzig in die von uns auf Grund von Vorversuchen construierten, eigens geformten Vacuumrohre gefüllt, und zwar bei verschiedenem Drucke (0·1 bis 20 *mm*). Die Elektroden in den Röhren bestanden theils aus Platin, theils aus Aluminium, welches letztere sich bei unseren Versuchen besser bewährte [3].

Unsere spectralanalytischen Versuche wurden mittelst eines vorzüglichen Rowland'schen Concavgitters (von Breasher in Alleghany) ausgeführt, und zwar in jener Anordnung, wie wir dieselbe in unserer Abhandlung: «Über die Spectren von Kupfer, Silber und Gold» [4] genau beschrieben haben. Zum Studium des äussersten Ultraviolett bedienten wir uns des Quarzspectrographen, welcher für die kurzwelligen Strahlen leistungsfähiger als unser Gitter ist. Selbstverständlich arbeiteten wir mit Quarzverschluss, sobald die Röhren zur Untersuchung des äusseren Ultraviolett verwendet wurden, während wir für den Bezirk von Orangeroth bis zu Beginn des Ultraviolett uns zugeschmolzener Glasröhren (Plücker'scher Röhren) bedienten. Die Form der Vacuumröhren für unsere Versuche war eine andere als jene, welche gewöhnlich verwendet wird.

Fig. 33.



Wir haben bei anderen Gelegenheiten darauf hingewiesen, dass die Form der Vacuumröhren für gewisse Specialbeobachtungen eine Hauptbedingung des Erfolges ist [5] und wir wählten daher auch hier für die Beobachtung der Glimmlicht- und Capillarerscheinungen nach zahlreichen Vorversuchen eine besondere Form der Argonröhren, welche in Fig. 33 (in halb natürlicher Grösse) abgebildet ist.

Das eine Ende der Röhre gestattet die bequeme Longitudinalansicht des Lichtes in der Capillare (in der Richtung von *a*), während in der Richtung von *b* das Glimmlicht sich sehr schön beobachten lässt, wenn man das Capillarlicht durch einen Schirm abhält.

---

[1] Die erste derselben: J. M. Eder und E. Valenta: «Über das rothe Spectrum des Argons» (vergl. pag. 214 dieser Abhandlungen) wurde am 24. October 1895, die zweite: J. M. Eder und E. Valenta: «Über drei verschiedene Spectren des Argons» (vergl. pag. 216 dieser Abhandlungen) am 19. December 1895 der Wiener kaiserl. Akad. d. Wissensch. vorgelegt.

[2] Nach Abschluss der vorliegenden Abhandlung erhielten wir auch von Dr. Bamberger (k. k. technische Hochschule in Wien) ein aus Gas-Ausströmungen aus einem Teiche in Perchtoldsdorf bei Wien abgeschiedenes «Argongas», welches wir spetralanalytisch untersuchten und mit dem Rayleigh'schen identisch fanden (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien, 9. Juli 1896).

[3] Das Platin zeigt im Argonrohre besonders starke elektrische Verdampfungserscheinungen.

[4] Vergl. pag. 161 dieser Abhandlungen.

[5] Eder und Valenta: «Über die verschiedenen Spectren des Quecksilbers», 1894. Vergl. pag. 128 dieser Abhandlungen.

Wir photographierten das Argonspectrum mittelst des Gitterspectrographen vom orangegelben Theile bis Ultraviolett, soweit dies unter Anwendung von Glasröhren (mit Rücksicht auf die Absorption der brechbareren Strahlen im Glase) thunlich war, während wir das Argon in Röhren mit Quarzverschluss mittelst des Quarzspectrographen untersuchten und auf diese Weise das äusserste Ultraviolett bei $\lambda = 2000$ verfolgen und mit besonders grosser Deutlichkeit bis $\lambda = 2050$ photographieren konnten, so dass nunmehr gegen tausend Argonlinien sichergestellt sind.

Während Crookes nach der Linie $\lambda = 2438$ nur mehr eine einzige stärker brechbare Linie, $\lambda = 2246$, fand, waren wir durch unsere Versuchsanordnung im Stande, das prächtige, scharf gezeichnete Linienspectrum des Argons im Ultraviolett (bei Flaschenfunken und 2 *mm* Druck) genau zu messen und die Wellenlängen von mehr als 150 Linien zu bestimmen (s. die Tabelle). Unsere Messungen wurden stets auf Rowland's Normalspectrum reduciert. Im weniger brechbaren Theile bezogen wir die Messungen auf Gold: $\lambda = 5837{\cdot}69$, 4811·57,

„ Eisen: 5615·88, 5686·99, 5447·13, 5371·73, 5233·12, 5064·76, 4920·69,

„ Cadmium: 4800·09, 4678·37,

„ Eisen: 4528·30, 4415·29, 4260·65, $\left\{\begin{matrix}4250{\cdot}95\\4250{\cdot}29\end{matrix}\right\}$, 4063·76, 4045·98, 3930·45, $\left\{\begin{matrix}3841{\cdot}20\\3840{\cdot}58\end{matrix}\right\}$, 3758·38, 3648·00, 3570·25, 3466·01, $\left\{\begin{matrix}3306{\cdot}48\\3306{\cdot}12\end{matrix}\right\}$.

Wir wählten die Rowland'schen neuerdings mit grosser Sorgfalt revidierten Zahlen an Stelle der Kayser und Runge'schen, obwohl dieselben unter sich sehr wenig differieren (höchstens 0·70 AE.); der Grund, warum wir uns hiefür entschieden, liegt darin, dass Rowland diese Linien für sein Normalsonnenspectrum benützt hat und Kayser[1]) selbst in seiner jüngsten Arbeit: «Über einen Bezirk im blauen Argonspectrum» sich auf Rowland's «Standards» der Eisenlinien bezog. Für das brechbarste Ultraviolett wählten wir das Funkenspectrum des Kupfers als Bezugsspectrum und zwar mit den in unserer Abhandlung[2]) angegebenen Zahlenwerten.

Auch behielten wir die von uns in unseren früheren Publicationen angewandte englische Bezeichnung der Intensität der Linien (von 1 bis 10) bei, wie selbe in Watts: «Index of Spectra» gebräuchlich ist und neuester Zeit auch von Kayser (a. a. O.) acceptiert wurde.

Existenz dreier verschiedener Spectren des Argons.

Das reine Argon zeigt in Plücker'schen Röhren, je nach der Verdünnung des Gases und der Art der elektrischen Entladung, mehrere Spectren, wovon Crookes zwei endeckt hatte, während wir noch ein drittes Spectrum des Argons auffanden. Die verschiedenen Spectren des Argons sind:

1. Das Spectrum der roth leuchtenden Capillare (rothes Argonspectrum nach Crookes), welches typisch in Argonröhren von 2 bis 5 *mm* Druck beim Durchschlagen des Ruhmkorff-Funkens ohne Flaschen auftritt. Wir wollen es das erste Spectrum des Argons nennen.

2. Das Spectrum der blau leuchtenden Capillare (das «blaue» Argonspectrum nach Crookes) tritt am reinsten in Argonröhren von 1 bis 2 *mm* Druck auf, wenn ein kräftiger Flaschenfunke verwendet wird. Wir wollen es das zweite Spectrum des Argons nennen.

3. Ausser den beiden erwähnten Argonspectren fanden wir noch ein drittes (s. vorher), welches entsteht, wenn man sehr grosse Condensatoren mit einem kräftigen Inductorium und starken Strömen in der Primärspule des Inductoriums zur Anwendung bringt. Unter diesen Umständen erhielten wir

---

[1]) «The blue Spectrum of Argon», Chem. News, 1895, pag. 99.

[2]) Vergl. pag. 161 dieser Abhandlungen.

(namentlich bei 15 bis 20 *mm* Druck) eine glänzend weisse Lichterscheinung in der Capillare. Bei geringem Drucke von 2 bis 10 *mm* ist das dritte Spectrum dadurch von den andern unterschieden, dass manche Linien des «blauen» Argonspectrums darin heller werden, während andere schwächer auftreten und neue Linien hinzukommen.

Das «rothe» Argonspectrum verschwindet dabei in Röhren mit niedrigem Drucke spurlos, in solchen von höherem Drucke aber bleibt es partiell bestehen.

Bei 20 *mm* Druck strahlt unter diesen Umständen die Capillare ein blendend weisses Licht aus, welches ein sehr merkwürdiges, für die Spectralanalyse principiell höchst wichtiges spectroskopisches Verhalten zeigt.

Die scharfen Linien des Spectrums verbreitern sich grösstentheils sehr stark, zum kleinen Theile bleiben sie scharf. Viele der Linien bleiben hiebei in völliger Coïncidenz mit Linien des blauen oder rothen Argonspectrums, aber einzelne Gruppen von Linien zeigen eine Verschiebung gegen Roth (durchschnittlich um vielleicht $^1/_2$ bis 1 AE.), obschon ihre Zusammengehörigkeit zu correspondierenden scharfen Linien des «blauen» Argonspectrums augenscheinlich vorliegt.

Bei manchen Linien findet eine einseitige Verbreiterung statt, so dass durch dieses Phänomen die erwähnte Verschiebung für eine scheinbare gehalten werden könnte. Dagegen sind bei vielen Linien die Verschiebungen um so vieles grösser als die Verbreiterungen, dass man gezwungen ist, eine wahre und wirkliche Verschiebung dieser Linien, respective Änderung der Wellenlinien anzunehmen, welche durchaus nicht unbedeutend ist, wenngleich man von vorneherein nicht zu dieser Annahme geneigt sein mag.

Den Grund, weshalb diese Verschiebungen nur einen Theil der Linien treffen, können wir derzeit nicht angeben, jedoch besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen diesen Erscheinungen und dem in den Röhren herrschenden Druck, sowie der Art der elektrischen Entladung und der Temperatur in denselben.

Arbeitet man mit Argonröhren, in denen ein geringer Druck ($^1/_{10}$ bis 2 *mm*) herrscht, so ergibt sich die bemerkenswerte Thatsache, dass beim stundenlangen Dnrchschlagen des Funkens, wenn derselbe kräftig genug ist, allmählich das rothe Argonspectrum zurücktritt und mehr und mehr Linien des blauen Argonspectrums auftreten; bei Röhren von $^1/_{10}$ *mm* Druck zeigt sich anfangs ganz deutlich das rothe Argonspectrum, wenngleich es auch schon Linien des blauen Spectrums enthält; nach 1 bis 2 Stunden verliert sich aber das rothe Argonspectrum, indem augenscheinlich ein Theil des Argons, sei es durch Absorption eines eventuell vorhandenen fremden Bestandtheiles oder des Argons selbst durch die Aluminiumelektroden unter dem Einflusse des Funkens verschwindet.

Wir wollen an dieser Stelle erwähnen, dass wir das Spectrum des Glimmlichtes an den Elektroden im Inductionsfunken mit und ohne Leydenerflaschen studierten und constatierten, dass die Erscheinungen im weiten Theile des Rohres nicht identisch mit denjenigen in der Capillare sind. Ferner stellten wir fest, dass (wenigstens für den Bezirk $\lambda = 4806$ bis 3285) das Glimmlicht am positiven und negativen Pole bei Einhaltung sonst analoger Versuchsbedingungen identisch ist und somit die dem Stickstoffe charakteristischen Polerscheinungen beim Argon fehlen.

Trotzdem wir mehrfache und vorzüglich definierte Spectrumphotographien des Polglimmlichtes, welches sich übrigens nur sehr schwer photographieren lässt, erhielten, konnten wir doch niemals eine Bestätigung der Angaben von Crookes finden, dass das rothe Argonspectrum durch den positiven, das blaue durch den negativen Pol bedingt sei.

Auftreten des ersten Argonspectrums bei Verwendung der Tesla'schen Ströme von hoher Spannung und Frequenz.

Da die Einschaltung von Leydenerflaschen in die secundäre Spule des Inductoriums das Auftreten so verschiedener Spectren beim Argon zur Folge hat, erschien es uns von Interesse, den Versuch mit hochgespannten Strömen mit hoher Wechselzahl, wie selbe bei Verwendung von Wechselstrom in der bekannten von Tesla zuerst benützten Anordnung unter Verwendung eines Ölcondensators und einer starken Inductionsrolle mit grossen Condensatoren und eingeschalteter Funkenstrecke erhalten werden, auszuführen.

Der durch diese Anordnung und Verwendung eines Wechselstromes von 25 Ampères und 70 Volt in der Primärspule des ersten Transformators erzielte hochgespannte Strom des Öltransformators gieng bei einem Drucke von 20 *mm* sehr leicht durch die Argonröhre und es zeigte diese Röhre dabei ein prachtvolles Lichtbüschel an den Elektroden von rein carminrother Farbe (etwa wie brennendes Cyan); das Licht der Capillare dagegen war röthlichweiss und ziemlich schwach, vielleicht schwächer als das Elektrodenglimmlicht, welches den weiten Röhrentheil bis zur Capillare erfüllte. Das lichtschwache Spectrum des Capillarlichtes wurde photographiert und zeigte bei 6- bis 12 stündiger Belichtungszeit ($\lambda = 4806$ bis $\lambda = 3285$) das völlig reine erste (rothe) Argonspectrum ohne Spuren des blauen Spectrums. Es erscheinen die rothen Linien mit besonders starker relativer Helligkeit und dies mag der Grund sein, weshalb die Farbe der Argonrohre bei Verwendung von Tesla'schen Strömen eine andere (mehr tiefrothe) ist, während dieselben Rohre (20 *mm* Druck) mit gewöhnlichem inducierten Strome ohne Einschaltung von Leydenerflaschen wohl auch das rothe Spectrum geben, aber das Licht weniger stark roth gefärbt erscheint. — Die Tesla'schen Funkenentladungen scheinen Spectren zu geben, welche einer niedrigen Temperatur entsprechen.

Veränderungen des Argonspectrums bei lange andauerndem Durchschlagen des Funkens. — Allmähliches Verblassen des Spectrums und stärkeres Hervortreten des zweiten Spectrums.

Wir liessen durch eine Argonröhre unter Anwendung von Aluminiumelektroden bei 2 *mm* Druck die kräftigen Funken eines grossen Ruhmkorff'schen Inductoriums während 5 bis 6 Tagen durchschlagen und fanden, dass nach dieser Zeit die Rohre nur mehr schwierig das rothe Argonspectrum gaben, während (selbst ohne die Einschaltung von Leydenerflaschen) schliesslich immer mehr und mehr das blaue Argonspectrum dominiert, und zwar derartig, dass besonders im sichtbaren Theile dieses überwuchernd auftritt und nur einige rothe und orange Linien des ersten Argonspectrums bleiben, obwohl die Farbe des Lichtes noch immer roth, wenn auch etwas blaustichig erscheint. Rascher geht der Process des Verschwindens des ersten Argonspectrums bei 1 *mm* Druck vor sich (2 bis 3 Tage), bei 0·1 *mm* Druck sogar schon nach einigen Stunden, so dass man sich beeilen muss, mittelst des lichtstarken Spectrographen das erste Argonspectrum festzuhalten, da dasselbe sehr bald dem zweiten Spectrum Platz macht. Die Wandlung tritt umso eher ein, je stärker der Funke genommen wurde.

Nachstehende Tabelle gibt eine Anzahl von Messungen der Spectrallinien, welche bei Verwendung eines Argonrohres von 0·1 *mm* Druck zu Beginn des Funkendurchschlagens und nach mehrstündigem Gebrauche auftreten. In letzterem Falle kann man deutlich die Phänomene der eingetretenen grösseren Verdünnung (grüne Fluorescenz des Rohres infolge Auftretens von Kathodenstrahlen) erkennen.

Daraus geht hervor, dass das 0·1 *mm*-Rohr anfangs mit Ruhmkorff ohne Flasche das erste Argonspectrum zeigt, allerdings stark durchsetzt von Linien des zweiten Argonspectrums, ungefähr wie im Rohre mit 2 *mm* Druck, wenn ein starker Flaschenfunke mehrere Stunden durch das Rohr schlagen

gelassen wurde und dieses nun wieder zur Erzeugung des ersten Argonspectrums (ohne Leydenerflaschen einzuschalten) benützt wird. Die Verdünnung im 0·1 *mm*-Rohre nimmt nach mehrstündigem Gebrauche bedeutend zu; das Rohr zeigt, wie bereits gesagt wurde, eine starke, grüne Fluorescenz. Es wird also im Rohre ein Theil des Gasinhaltes absorbiert.

Tabelle I.

Argongas, 0·1 *mm* Druck, ohne Leydenerflasche.

(Capillare longitudinal.)

Zu Beginn des Funkendurchschlagens treten auf: (2 Stunden lang)	J.	Nach mehrstündigem Gebrauche	J.	Zu Beginn des Funkendurchschlagens treten auf: (2 Stunden lang)	J.	Nach mehrstündigem Gebrauche	J.	Zu Beginn des Funkendurchschlagens treten auf: (2 Stunden lang)	J.	Nach mehrstündigem Gebrauche	J.
4806	1	4806	1	4266	4	4266	2	3868	2	3868	2
4765	1	—	—	4259	5	—	—	3850	—	3850	3
4736	2	4736	1	4251	2	—	—	3834	3	—	—
4727	1	4727	1	4228	1	4228	1	3826	1	—	—
4702	1	—	—	4200	8	—	—	3809	1	—	—
4658	1	—	—	4198	8	—	—	3781	3	3781	1
4628	1	—	—	4191	8	—	—	3770	1	—	—
4609	4	4609	2	4190	5	—	—	3766	1	—	—
4596	1	—	—	4182	3	—	—	3765	3	3765	1
4589	3	4589	1	4164	3	—	—	3763	1	—	—
4579	2	—	—	4158	5	—	—	3738	2	—	—
4545	3	4545	1	4152	2	—	—	3729	4	3729	3
4522	2	—	—	4131	3	4131	1	3718	1	—	—
4510	4	—	—	4104	4	4104	2	3649	2	—	—
4481	1	4481	1	4082	1	—	—	{ 3606·69	4	—	—
4431	2	4431	1	4079	1	—	—	{ 3606·05	1	—	—
4430	3	4430	3	4076	1	—	—	3588	4	3588	2
4426	4	4426	4	{ 4072·58	5	4072	3	3582	3	3582	1
4401	4	4401	3	{ 4072·18	7			3581	2	3581	1
4400	1	4400	1	4044	4	—	—	3576	3	3576	1
4379	3	4379	2	4043	2	4043	1	3561	2	3561	1
4376	1	—	—	4013	3	4014	2	3559	3	3559	1
4371	3	4371	1	3979	1	—	—	3546	4	3546	1
4370	3	4370	1	3974	1	—	—	3545	4	3545	1
4348	4	4348	3	3968	1	—	—	3535	1	—	—
4345	—	—	—	3952	1	—	—	3514	3	3514	1
4335	3	—	—	3949	6	—	—	3511	1	3511	1
4333	5	—	—	3947	2	—	—	3509	1	—	—
4332	1	4332	1	3946	1	—	—	3491	5	3491	1
4331	3	4331	2	3944	2	—	—	3476	2	3476	1
4300	4	—	—	3928	3	3928	2	—	—	3336	1
4277	2	—	—	3892	1	—	—	—	—	3285	1
4272	4	4272	2	3875	1	—	—	—	—	—	—

Dann fehlen oder sind nur mehr äusserst schwach sichtbar alle Linien des ersten Argonspectrums, es bleibt nur mehr das zweite (blaue) Argonspectrum übrig. Ob dies mit einer gleichmässig zunehmenden Verdünnung des gesammten Gasinhaltes der Röhre allein im Zusammenhange steht oder ob nur ein Bestandtheil des Rohrinhaltes absorbiert wird und ein anderer Bestandtheil übrig bleibt, können wir nicht entscheiden.

Das Spectrum der blau leuchtenden Capillare («blaues» Argonspectrum) oder das zweite Spectrum des Argons.

Um das vollentwickelte zweite («blaue») Spectrum des Argons zu erhalten, arbeiten wir gewöhnlich mit Argonröhren von 2 bis 2·5 *mm* Druck; auch 1 *mm* Druck ist hiefür sehr gut geeignet. Der Ruhmkorff wird mit Gleichstrom der Elektricitäts-Gesellschaft von 110 bis 220 Volt Spannung gespeist und der Funke wird durch Einschalten von ein bis zwei Leydenerflaschen verstärkt.

Die Capillare des Argonrohres leuchtet unter diesen Umständen blau und die Helligkeit ist durchschnittlich dreimal so gross als jene der Lichterscheinung, welche das rothe Argonspectrum liefert. Wird das Spectrum in 2 *mm*-Röhren mit stärkstem Flaschenfunken (grosser Ruhmkorff, grosse Condensatoren, sehr starker Strom) erzeugt, so wird das Capillarlicht intensiv hellblau und dann tauchen neue Linien auf, welche in dem mit mässig starkem Flaschenfunken erzeugten normalen zweiten Argonspectrum fehlen, zum Beispiel: $\lambda = 4488$, die Gruppe 4182 bis 4172, 4065, 3800, 3795, 3391 (s. Tabelle) und andere von uns nicht speciell angeführte Linien, zum Beispiel in der Region $\lambda = 3285$ bis $\lambda = 3400$; jene Linien sind sogar eine Art Kriterium über die Art der Erregung der Röhren.

Bei sinkendem Drucke bei 0·1 *mm* bleibt das zweite Spectrum erhalten, die charakteristischen, durch den Flaschenfunken hervorgebrachten Linien bleiben constant, wenn auch die Gesammthelligkeit mit sinkendem Drucke eine geringere wird (s. die Tabellen). Dagegen ist unter sonst gleichen Verhältnissen bei steigendem Drucke das zweite Argonspectrum nicht mehr rein zu erhalten, sondern mengen sich in diesem Falle immer mehr die Linien des ersten Argonspectrums dem zweiten bei (s. Tabelle III, Mischspectren).

Bei 20 *mm* Druck wird mit einem gewönlichen Ruhmkorff unter Einschaltung von zwei Leydenerflaschen in der Capillare das «blaue» (zweite) Argonspectrum nicht mehr erhalten, sondern man erhält ein Spectrum, welches im Charakter dem rothen Argonspectrum sehr ähnlich ist (Bezirk 4806 bis 3285). In diesem Bezirke fehlen zum Beispiel alle dem blauen Argonspectrum (Capillare 2 *mm* Druck, Flaschenfunken) eigenthümlichen Linien, dagegen sind zwar lichtschwach auftretend aber sehr schön definiert sämmtliche, dem rothen Argonspectrum (2 *mm* Druck, Funken ohne Flasche) charakteristische Linien zu constatieren; auffallend ist dabei das Verhalten der Linie $\lambda = 4702$, welche, als eine charakteristische Linie des rothen Argonspectrums, sehr lichtschwach auftritt. Das 20 *mm*-Rohr lieferte also der Hauptsache nach ein rothes (erstes) Spectrum ob mit oder ohne Verwendung von Leydenerflaschen, aber kein blaues (zweites) und zwar mit Flaschen ein incompleteres rothes Spectrum als ohne Flaschen, indem zum Beispiel die erwähnte lichtschwache Linie 4702 im 20 *mm*-Rohre beim Ausschalten der Flaschen sofort wieder lichtstark und deutlich hervortritt.

Das rothe Argonspectrum tritt also annähernd constant bei Verwendung eines Inductoriums ohne Flaschen in Rohren von 20 *mm* bis 2 *mm* Druck auf und zwar bei hohem Drucke reiner als bei geringem Drucke (unter 2 *mm*); bei 0·1 *mm* tritt sogar im Funken ohne Flaschen ein Gemisch von blauem und rothem Argonspectrum auf, welches bei andauerndem Gebrauche des Rohres immer mehr in das blaue Spectrum übergeht, während der Druck im Innern des Rohres von selbst sinkt.

Unsere Tafeln XI und XII zeigen, deutlicher als Worte es vermögen, die Änderungen, die Veränderungen im Aussehen des «rothen» Argonspectrums (Funken ohne Flaschen) bei der Änderung des Druckes von 2 *mm* bis 0·1 *mm*. Da unmittelbar darunter das «blaue» Argonspectrum (bei 5 *mm* Druck und mit Leydenerflaschen) in genauer Orientierung der Linien reproduciert ist und auf Taf. XI, Nr. 2 das «blaue» Argonspectrum bei 2 *mm* Druck, so ist das Phänomen genügend klargelegt.

Das zweite Argonspectrum ist mit zwei kleineren Leydenerflaschen bei 20 *mm* Druck nicht zu erhalten, sondern es tritt in diesem Falle ein incompletes rothes Argonspectrum auf; schon bei 10 *mm* Druck ändert sich dieses Verhalten, indem bereits mit kleinen Flaschenfunken das blaue Argonspectrum auftritt (gilt

für den Bezirk λ = 4806 bis 3285), welches bei 5, 2 und 1 *mm* Druck frei von Linien des rothen Argonspectrums wird. Aus den heliographischen Tafeln ist klar ersichtlich, dass das blaue Mischspectrum, wie man es beim Durchschlagen des Inductionsfunkens ohne Flaschen durch Argonrohre von 0·1 *mm* Druck erhält, nicht identisch ist mit dem reinen («blauen») zweiten Argonspectrum im 5 *mm*-Rohre (Taf. XII) und 2 *mm*-Rohre (Taf. XI) mit Flaschenfunken.

Das charakteristische Verhalten des «ersten» und «zweiten» Argonspectrums im sichtbaren Theile zeigt unsere Abbildung Taf. XII, Nr. 8 und 9, woselbst auch das im Nachfolgenden beschriebene «weisse» Argonspectrum reproduciert ist.

Das Spectrum der «weiss» leuchtenden Capillare; drittes Spectrum des Argongases.

Schaltet man in die secundäre Wickelung des Inductoriums (grosser Ruhmkorff) eine grössere Zahl von kräftigen Ölcondensatoren ein und arbeitet mit starken Strömen, so beginnt die Capillare der zum Versuche verwendeten Plücker'schen Röhre in hellem weissen Lichte zu leuchten und das Rohr wird stark erhitzt. Aus diesem letzteren Grunde gehen die verwendeten Röhren in zahlreichen Fällen bald zugrunde. Man kann diesem Übelstande durch Verwendung von Röhren, deren Drahteinschmelzstellen sehr sorgfältig gekühlt wurden, abhelfen; solche Röhren halten dann auch stundenlange aus und gestatten es, die erforderlichen Beobachtungen anstellen und längere Expositionen durchführen zu können.

Argonrohre, in denen das Gas unter geringem Drucke (1 bis 5 *mm*) steht, zeigen unter diesen Verhältnissen das ziemlich reine zweite Spectrum des Argons nebst einem Zuwachse von Linien (s. vorher); die Capillare leuchtet bläulichweiss (anstatt blau), was auf eine Änderung der relativen Helligkeitsvertheilung der Spectrallinie zurückzuführen ist.

Bei 20 *mm* dagegen wird die Farbe des Lichtes der Capillare blendend weiss und das Rohr sendet nunmehr das dritte Argonspectrum aus. Dieses dritte «weisse» Argonspectrum zeigt starke blaue und grüne Linien und im Roth bei Gelb ein continuierliches Spectrum, sowie verbreiterte Linien, so dass die Farbe des Lichtes, welches die Capillare des Rohres unter obigen Umständen aussendet, durch die Zusammenwirkung dieser Strahlen eine blendend weisse wird.

Merkwürdigerweise ändert sich das Aussehen des Argonspectrums unter obigen Verhältnissen am stärksten im rothen, gelben und grünen Bezirke, sobald man die grossen Öhlcondensatoren einschaltet, indem diese Bezirke auf den ersten Blick grosse Verschiedenheiten vom ersten und zweiten Spectrum des Argons zeigen (s. Taf. XII, 7, 8, 9). Es tritt im Roth und Gelb ein continuierliches Spectrum auf, welches nur mehr Reste der Linien des ersten und zweiten Argonspectrums enthält und zwar treten diese Linien verschwommen auf und zeigen Verschiebungen. Diese Linien sind zum Theile solche, welche dem ersten und zweiten Argonspectrum gewöhnlich zukommen, zum Theile solche, welche wohl im zweiten, nicht aber im ersten Argonspectrum zu sehen sind. Dagegen konnten wir im orangegelben bis grünen Bezirke des dritten Argonspectrums niemals Linien auffinden, welche sonst nur im ersten, nicht aber im zweiten Argonspectrum auftreten. Für die stärker brechbaren Bezirke lässt sich aber diese scheinbare Regelmässigkeit der Beziehungen der drei Argonspectren unter einander nicht mehr aufrecht erhalten.

Sonderbarerweise bleiben aber viele scharfe Argonlinien, von Grün und Blau angefangen (λ = 5114, s. Taf. XII) im dritten Spectrum deutlich erhalten, welche in analoger Intensitätsvertheilung im zweiten und theilweise auch im ersten Argonspectrum vorkommen, während entsprechend ebenso scharfe und helle Linien des letzteren im rothen und gelben Spectralbezirke beim dritten Spectrum sehr zurücktreten und durch ein continuierliches Spectrum verdrängt werden. Es ist ferner bemerkenswert, dass bei 20 *mm* Druck im dritten Argonspectrum starke Verbreiterungen der Linien auftreten, manchmal nach beiden Seiten der Linien, manchmal nur einseitig gegen Roth zu verschwommen und im Ganzen verschoben,

Allmähliches Verschwinden des dritten Spectrums bei sinkendem Drucke.

Bei 10 bis 15 *mm* Druck ist das Phänomen des dritten Argonspectrums ähnlich demjenigen bei 20 *mm*, jedoch gehen die charakteristischen Erscheinungen bei sinkendem Drucke verloren; bei 5 *mm* sieht man nur mehr die Überreste des verbreiterten Linienspectrums, gemischt mit einer überwiegenden Anzahl scharfer Linien.

Es wäre noch zu erwähnen, dass im dritten Argonspectrum bei 20 *mm* manche rothe Argonspectrumlinien erhalten geblieben sind, während bei 2 bis 3 *mm* Druck die rothen Argonspectrallinien spurlos verschwinden, wenn man grosse Ölcondensatoren einschaltet, wie dies zur Hervorbringung des dritten Argonspectrums bereits geschildert wurde.

Polspectren des Argons.

Die Untersuchung der Polspectren des Argons erschien uns von besonderer Bedeutung, da Lord Rayleigh und Ramsay (s. a. a. O.) erwähnten, «dass, wenn der Strom durch eine Inductionsspule in einer Richtung durch das Gas geleitet wird, das Ende der Capillarröhre, welches dem positiven Pole zugewendet ist, in rötherer, das dem negativen Pole zugewendete Ende in blauer Farbe erscheint». Sie berufen sich hiebei auf Baly's Angaben [1]), welcher sagt: «Wenn ein elektrischer Strom durch die Mischung zweier Gase geleitet wird, so trennen sie sich und das eine erscheint in dem negativen Lichte». Demzufolge würde sich nach Rayleigh und Ramsay der Schluss, dass das, was wir Argon nennen, in obigem heit ein Gemisch zweier Gase ist, welche bisher noch nicht getrennt werden konnten, sich aus Wahr Verhalten ergeben.

Auch Crookes [2]) schreibt: «Ich habe gelegentlich eine Röhre voll Argon in so empfindsamem Zustande gehabt, dass die Farbe der einen Seite einmal roth, und sobald der Strom nach der anderen Seite gewendet wurde, blau war. Die Inductionsspiralen, die durch einen ununterbrochenen Strom gespeist werden, sind in Bezug auf die Polarität des inducierten Stromes niemals symmetrisch und jede kleine Unregelmässigkeit in den metallischen Elektroden der Vacuumröhren wirkt auch wie ein Ventil; die rothe Farbe wird durch den negativen, die blaue durch den positiven Funken hervorgerufen». Nach diesen Schilderungen erscheint es am ersten Blick wohl kaum gerechtfertigt, daran zu zweifeln, dass das «rothe» und das «blaue» Argonspectrum verschiedenen Polentladungen zukommen; trotzdem nahmen wir dies keineswegs als erwiesen an, weil die genannten Forscher ja stets nur von der Farbe der Argonröhren sprechen, aber es unterliessen, das Glimmlicht an den Polen direct zu untersuchen. Unser Zweifel wurde dadurch bestärkt, dass wir erkannten, dass das bläuliche Glimmlicht an beiden Elektroden beim Argon in Röhren von 1 bis 2 *mm* Druck mit Funken ohne Flaschen keineswegs identisch mit dem blauen Lichte der Capillare sei, welches nach dem Einschalten selbst von kleinen Flaschen auftritt.

Es schien uns dagegen möglich, dass beim Polwechsel das bläuliche Glimmlicht ins Innere der Capillare vorschreiten könne und dann das rothe Capillarlicht verdränge und umgekehrt, ohne dass dieses bläuliche Licht identisch sein müsste mit dem indigoblauen Lichte der durch Flaschenfunken erhellten Capillare. Ein solches Vorschreiten des Glimmlichtes ist zum Beispiel beim Stickstoff nachgewiesen [3]).

Zur Entscheidung dieser und ähnlicher sich aufdrängenden Fragen konnte nur die directe Ausmessung der Glimmlichtspectren am positiven und negativen Pole im Funken mit und ohne Flaschen führen.

---

[1]) Proc. Phys. Soc. (1893), pag. 147.

[2]) Zeitschr. f. phys. Chemie, 1895, pag. 371.

[3]) Hasselberg: «Zur Spectroskopie des Stickstoffes», Mém. de l'Acad. imp. des Sc. de St. Pétersbourg, Tom. XXXII, Nr. 15 (1885).

Wir wählten zu diesen Versuchen Argonröhren von der in Fig. 33 angegebenen Form und einen Druck von 2 *mm*, da bei diesem Drucke das Hin- und Herschwanken des «rothen» und «blauen» Argonspectrums am leichtesten eintritt.

Im unreinen (stickstoffhältigen) Argon ist das Auftreten des Polglimmlichtes mit jenem einer orangegelben Lichterscheinung verbunden (s. später), welche, wenn nur wenig Stickstoff vorhanden war, bei andauerndem Durchschlagen des Funkens in dem Masse verschwindet, als der Stickstoff von den Elektroden absorbiert wird. In reinen Argonröhren treten gleichfalls Glimmlichterscheinungen auf und zwar sind die weiten Theile der Röhren von fluctuierenden Lichtmassen erfüllt, deren Helligkeit gegenüber jener des Lichtes in der Capillare eine mehr oder weniger geringe ist, und welche auch eine andere Farbe als die letztere aufweisen.

Wir suchten zunächst die Frage zu entscheiden, ob das Argon am positiven und negativen Pole verschiedene Spectren gibt (wie der Stickstoff) oder nicht. Zu diesem Zwecke ermittelten wir die Pole unseres Ruhmkorff, indem wir den Funken direct über einer Bromsilberplatte im Dunkeln überschlagen liessen und dadurch die bekannten Entladungsfiguren erhielten, so dass wir sicher sein konnten, an welchem Pole die positiven und an welchem die negativen Entladungen dominieren; hierauf wurden die Polentladungen in der Vacuumröhre derartig spectralanalytisch untersucht, dass das zufällige Eintreten des Capillarlichtes in den Spectralapparat ganz ausgeschlossen war. Das Glimmlicht allein gelangte bei dieser Anordnung und Verwendung oben angegebener Röhrenform in den Condensator; alles andere war abgeblendet.

Allerdings ist das Glimmlicht so schwach, dass man dasselbe nur schwer photographieren kann, und dies dürfte die Ursache sein, dass derartige Untersuchungen bisher wohl nur selten durchgeführt worden sind; aber wir konnten mit Hilfe unseres lichtstarken Gitterapparates und sehr lichtempfindlicher Trockenplatten diese Aufgabe durchführen, wobei wir trotzdem sehr lange belichten mussten.

Wir untersuchten Glimmlichterscheinungen bei Anwendung von Inductionsstrom mit und ohne Einschaltung von Leydenerflaschen, und zwar im 2 *mm*-Rohr, weil dieses «rothes» und «blaues» Argonlicht beidenfalls gut wiedergibt. Es wurde vom Blau, $\lambda = 4806$, bei (Ultraviolett) $\lambda = 3263$, photographiert und es konnte nicht die geringste Verschiedenheit der Spectren am positiven und negativen Pole bemerkt werden, weder beim «rothen» noch beim «blauen» Argonlicht (mit oder ohne Flaschen). Es kamen nach zwölfstündiger Belichtung in allen diesen Fällen die Spectren gut und reichlich ausexponiert auf der photographischen Platte zum Vorschein und zwar zeigten sich die Spectren des rothen Argonglimmlichtes am positiven und negativen Pole ganz identisch, sowohl bezüglich der Linienzahl, als auch der relativen Intensität der Linien. Auch die beiden Polspectren des «blauen» Argonlichtes (mit Leydenerflaschen) waren unter sich vollkommen identisch.

Um zu zeigen, dass unsere Spectrumphotographien des Glimmlichtes sehr schöne Definition und vollkommene Klarheit aufweisen, reproducieren wir eine dieser Aufnahmen (Glimmlichterscheinung am positiven Pole ohne Flaschen, Expositionszeit 12 Stunden) in Taf. XI.

Verschiedenheit des Glimmlichtspectrums des «rothen» und «blauen» Argonlichtes (erstes und zweites Argonspectrum).

Das die weiten Theile der Vacuumröhre erfüllende Glimmlicht bleibt beim Polwechsel constant, ändert sich aber beim Einschalten und Ausschalten der Leydenerflaschen in den secundären Stromkreis.

Schon äusserlich macht sich — analog wie bei der Farbe der leuchtenden Capillare — auch beim Glimmlicht eine Farbenänderung bemerkbar, je nachdem man mit oder ohne Flaschen arbeitet. Es ist auffallend, dass das Glimmlicht bläulich ist, wenn die Capillare vom roth leuchtenden Argon erfüllt ist und röthlich, wenn die Capillare das blaue Argonlicht (bei Einschaltung von Flaschen) gibt. Die Spectrum-

photographie (von $\lambda = 4806$ bis $\lambda = 3263$) gibt genauen Aufschluss über die Verschiedenheit der beiden Glimmlichtphänomene und zeigt uns, dass diese beiden Glimmlichtphänomene in sehr merkwürdiger Weise in Beziehung mit dem Lichte der Capillare stehen. Das Glimmlicht des ersten Argonspectrums bei 2 *mm* Druck enthält alle Hauptlinien und alle Mittellinien des Spectrums der blau leuchtenden Capillare (des zweiten Argonspectrums). Während im Glimmlichte charakteristische Linien des ersten Argonspectrums (in der Capillare) völlig fehlen, wie zum Beispiel die Linien $\lambda = 4702$, 4596, 4522, oder stark geschwächt erscheinen, wie 4251, 3834, bleiben andere Linien des ersten Argonspectrums im Glimmlichte gleichzeitig hell und deutlich vorhanden, zum Beispiel $\left\{ \begin{matrix} 4335 \\ 4332 \end{matrix} \right\}$, 4272, 4266, 4259, 4251, 4200, 4198, 4190, 4182, 4164, 4158, 4044, 3949, 3947 (diese kommen im Glimmlicht, sowie rothen Capillarlicht des ersten Argonspectrums vor). Weil aber dazu mit unerwarteter Helligkeit manche Linien des blauen Argoncapillarlichtes kommen, wie zum Beispiel 4545, 4277, 4131, 4104, 3946, 3944, 3850, 3561, 3559, 3545, so ändert sich das Aussehen mancher Liniengruppen des genannten Glimmlichtspectrums sehr, so dass es ganz merklich von jenem der roth leuchtenden Capillare verschieden ist und sich mehr dem Spectrum der blau leuchtenden Capillare nähert. Beim Glimmlichte des zweiten Argonspectrums tritt bei vielen Linien das Gegentheil ein, indem nämlich keine der stärkeren Linien des ersten Argonspectrums fehlt, manche Linien des zweiten Argonspectrums sogar schwächer sind als im Glimmspectrum des ersten Argonspectrums, während viele Linien des zweiten Argonspectrums aber auch im blauen (zweiten) Argon-Glimmlichtspectrum vorkommen. Somit correspondiert das Glimmlicht nirgends mit dem Capillarlicht und damit wird auch die Hypothese Wüllner's, dass das Capillarlicht eine Summe des schwachen Lichtes im weiten Theile der Röhre (Glimmlicht) ist, hinfällig.

Tabelle II.

I		II		III		IV		
Glimmlicht ohne Flasche 2 *mm*	J.	Glimmlicht mit 2 kleinen Flaschen 2 *mm*	J.	Rothes Capillarlicht ohne Flasche 2 *mm*	J.	Blaues Capillarlicht mit Flasche 2 *mm*	J.	Anmerkungen
4806	1	4806	5	4806	5	4806	6	**
4765	5	4765	3	4765	3	4765	6	
4736	1	4736	5	4736	4	4736	6	
4727	2	4727	4	4727	2	4727	6	
—	—	4702*	2	4702	2	—	—	*
4658	4	4658	3	4658	3	4658	6	
4628	4	4628	4	4628	4	—	—	*
4609	5	4609	4	4609	5	4609	6	
—	—	4596*	2	4596	4	—	—	*
4590	4	4590	4	4590	3	4590	5	**
4579	5	4579	5	4579	3	4579	6	**
4545	5	4545	4	4545	3	4545	6	**
—	—	4522*	3	4522	4	—	—	*
4510	5	4510*	5	4510	6	—	—	*
4482	4	4482	4	4482	1	4482	6	
4475	3	4475	1	4475	$^1/_2$	4475	3	
4431	4	4431	6	4431	5	4431	7	
4430	3	4430	5	4430	4	4430	6	
4426	6	4426	5	4426	3	4426	5	
4401	3	4401	6	4401	3	4401	4	
4400	3	4400	6	4400	3	4400	4	
4376	4	4376	4	—	—	4376	1	

* Charakteristisch für das erste Spectrum des Argons.
** Charakteristisch für das zweite Spectrum des Argons.

I		II		III		IV		Anmerkungen
Glimmlicht ohne Flasche 2 *mm*	J.	Glimmlicht mit 2 kleinen Flaschen 2 *mm*	J.	Rothes Capillarlicht ohne Flasche 2 *mm*	J.	Blaues Capillarlicht mit Flasche 2 *mm*	J.	
4375	2	4375	2	—	—	4375	1	
4371	5	4371	5	4371	2	4371	5	
4370	5	4370	5	4370	2	4370	5	**
4348	6	4348	5	4348	5	4348	8	
4345	3	4345*	4	4345	5	4345	2	*
4335	3	4335*	5	4335	4	—	—	*
4333	5	4333*	5	4333	5	—	—	
4332	1	4332	4	—	—	4332	4	
4331	2	4331	4	—	—	4331	5	
4300	5	4300	5	4300	4	4300	2	*
4283	6	4283	6	—	—	4283	4	
4277	5	4277	5	—	—	4277	6	**
4272	5	4272	5	4272	6	—	—	*
4266	5	4266	5	4266	6	4266	5	
4259	5	4259	5	4259	5	—	—	*
4251	1	4251	4	4251	3	—	—	*
4237	3	4237	1	—	—	4237	2	
4228	4	4228	4	4228	2	4228	5	
4200	8	4200	8	4200	8	—	—	*
4198	8	4198	8	4198	8	—	—	*
4191	8	4191	8	—	—	—	—	
4190	8	4190	8	4190	7	—	—	*
4182	4	4182	4	4182	6	—	—	*
4164	4	4164	4	4164	5	—	—	*
4158	6	4158	6	4158	7	—	—	*
4131	6	4131	4	4131	1	4131	4	**
4104	5	4104	5	4104	3	4104	5	**
4082	2	4082	2	—	—	4082	2	
4080	1	4080	4	—	—	4080	2	
4079	2	4079	2	—	—	4079	2	
4077	1	4077	1	—	—	4077	2	
4076	1	4076	1	—	—	4076	2	
4072	6	4072	6	4072	1	4072	5	**
4046	4	4046	6	4046	3	—	—	*
4044	3	4044	3	4044	4	—	—	*
4043	1	4043	1	—	—	4043	1	**
4014	1	4014	5	4014	3	4014	4	
3968	1	3968	1	3968	1	3968	5	
3961·63	10	3961·63	10	3961·63	10	3961·63	10	(Aluminium-Hauptlinie)
3949	5	3949	5	3949	6	—	—	*
3947	1	3947	3	3947	6	—	—	*
3946	2	3946	1	—	—	3946	5	** mit dieser Linie fällt die zweite Aluminiumlinie nahe zusammen, weshalb sie verstärkt (verbreitert) erscheint
3944	6	3944	3	—	—	3944	5	
3932	1	3932	3	—	—	3932	2	**
3928	5	3928	4	3928	3	3928	5	**
—	—	3872	1	—	—	—	—	
3868	3	3868	4	3868	3	3868	5	**
3850	5	3850	4	3850	4	3850	5	
3834	3	3834	3	3834	4	—	—	
—	—	3826	1	—	—	3826	3	**
3809	1	3809	1	—	—	3809	2	*
3799	1	3799	3	—	—	3799	2	**
3795	1	3795	3	—	—	3795	2	
3781	2	3781	1	3781	2	3781	5	
3770	1	3770	1	3770	2	3770	2	

* Charakteristisch für das erste Spectrum des Argons.
** Charakteristisch für das zweite Spectrum des Argons.

I		II		III		IV		
Glimmlicht ohne Flasche 2 *mm*	J.	Glimmlicht mit 2 kleinen Flaschen 2 *mm*	J.	Rothes Capillarlicht ohne Flasche 2 *mm*	J.	Blaues Capillarlicht mit Flasche 2 *mm*	J.	Anmerkungen
3766	1	3766	1	—	—	3766	1	*
3765	1	3765	1	3765	1	3765	2	
3763	1	3763	1	—	—	3763	2	
3738	3	3738	3	—	—	3738	3	*
3729	5	3729	5	3729	5	3729	6	*
3718	2	3718	2	—	—	3718	3	*
3649	1	3649	1	—	—	3650	1	
—	—	3606	4	3606	1	3606	2	*
3588	5	3588	5	3588	3	3588	6	*
3582	6	3582	6	—	—	3582	6	
3581	5	3581	5	—	—	3581	6	
3576	1	3576	1	3576	1	3576	5	
3565	1	3565	1	3565	1	3565	6	
3561	5	3561	5	3561	2	3561	6	*
3559	5	3559	5	3559	2	3559	3	*
3546	2	3546	2	3546	2	3546	4	*
3545	2	3545	2	3545	2	3545	4	*
—	—	3535	4	—	—	3535	2	*
3514	2	3514	5	—	—	3514	5	*
3511	2	3511	2	—	—	3511	3	
3509	2	3509	2	3509	2	3509	3	*
3491	6	3491	6	3491	3	3491	6	*
3476	2	3476	4	3476	2	3476	4	*

* Charakteristisch für das zweite Spectrum des Argons.

Vorstehende Tabelle II gibt in übersichtlicher Darstellung die Resultate, wie sie mit demselben Rohre, Anwendung desselben Stromes mit und ohne Leydenerflaschen die Glimmlicht- und Capillarlicht-Spectren ergeben. Wenn auch in dieser Tabelle die Zahlen von Colonne III und IV nicht völlig mit den in der grossen Tabelle III angegebenen Intensitäten der Linien des ersten und zweiten Argonspectrums übereinstimmen, so geben wir auch die nicht vollkommen übereinstimmenden Ziffern absichtlich dennoch hier an. Der Grund hiefür liegt darin, weil die Intensitätsziffern unmittelbar am selben Rohre beobachtet wurden, mit welchem die in Colonne I und II angestellten Beobachtungen gemacht worden sind. Die kleinen Unterschiede in der Intensitätsangabe sind darauf zurückzuführen, dass die 2 *mm*-Argonröhren das erste Argonspectrum nicht völlig rein geben und dass somit kleine Abweichungen in der Intensität thatsächlich vorhanden gewesen sind; ferner ist zu berücksichtigen, dass es schwer ist, mit der zehntheiligen Scala die Intensitäten völlig übereinstimmend zu schätzen. Dennoch ist der Intensitätsvergleich der bald stärker auftauchenden Linien im Glimmlicht und in der Capillare mit oder ohne Flaschen aus unserer Tabelle leicht möglich und diese Tabelle gestattet es, sich über diese Verhältnisse ein klares Bild zu machen. Im Glimmlichtspectrum des Argons taucht eine sehr starke Linie, $\lambda = 3961 \cdot 63$, auf und eine zweite, welche mit der Argonlinie $\lambda = 3944$ fast coïncidiert. Es sind dies zwei Aluminiumhauptlinien, $\lambda = 3961 \cdot 68$ und $3944 \cdot 16$, welche wahrscheinlich deshalb auftraten, weil der Spectralapparat direct gegen die Aluminiumelektrode gerichtet war.

Über das spectrale Verhalten von stickstoffhaltigem Argon.

Wir liessen das uns zur Verfügung stehende Argongas in zwei Serien von Röhren durch Götze in Leipzig fällen. Bei der zweiten Serie wurde das wieder aufgefangene Gas verwendet und waren dabei sehr geringe Mengen Stickstoff in dasselbe gelangt.

In der That gab das letzte Argon in Vacuumröhren, bei 2 bis 3 *mm* Druck gefüllt, zu Beginn des Durchschlagens des Funkens ein gelbliches Glimmlicht im weiten Theile des Rohres, aber dieses Licht verschwand nach wenigen Minuten des Funkendurchschlagens ebenso wie Andeutungen des Quecksilberspectrums und es trat das blaue und rothe Argonlicht in der Capillare des Rohres prächtig hervor. Bei Röhren, welche mit Gas von höherem Drucke gefüllt waren (5 bis 20 *mm*), hielt das orangegelbe Licht länger an und während dieser Zeit konnte auch durch Ein- und Ausschalten von Flaschen beim Durchschlagen des Funkens der Wandel vom blauen ins rothe Argonlicht in der Capillare nicht erzielt werden. Erst nach stundenlangem Durchschlagen des Funkens (mit Flaschen) war das Gas soweit gereinigt, dass die charakteristischen Argonerscheinungen in der Capillare auftraten. Dies dauerte bei unseren Aluminiumelektroden beim 2 *mm*-Rohre beiläufig zwei Stunden, beim 20 *mm*-Rohre 8 bis 12 Stunden und es konnte überhaupt nur durch sehr kräftige Funken, welche die Aluminiumelektroden ins beginnende Glühen versetzten, diese Selbstreinigung des Röhreninhaltes erfolgen. Es soll hier bemerkt werden, dass bei geringem Drucke die Wände der Röhren rasch sich mit einem Platin-, respective Aluminiumspiegel bedecken, während dies bei grösserem Druck nur langsam geschieht.

Wir untersuchten das Spectrum derartig frisch gefüllter Röhren und fanden im 20 *mm*- und 10 *mm*-Rohre stets nur das reine Stickstoffspectrum und nicht die Spur der charakteristischen blauen und ultravioletten Argonlinien, welche bei reinem Argon überaus kräftig hervortreten. Daraus geht hervor, dass thatsächlich kleine Verunreinigungen von Stickstoff das Erscheinen des Argonspectrums verhindern (über Collie und Ramsay's Untersuchungen s. später).

Bei andauerndem Durchschlagen des Flaschenfunkens tritt das Argonspectrum immer reiner hervor. Im blauen bis ultravioletten Theile des ersten Argonspectrums sind es namentlich die Linien $\lambda = 4702$, 4628, 4596, 4522, 4510, 4345, 4335, 4333, 4272, 4266, 4259, insbesonders die Gruppe 4200 bis 4158, ferner 3949 und 3947, welche neben anderen schwachen Linien hervortreten. Beim längeren Durchschlagen des Funkens bleiben nur mehr die Kanten der Stickstoffbanden übrig, welche ebenfalls bald verschwinden und dem reinen Argonspectrum Platz machen.

In Stickstoff, aus atmosphärischer Luft dargestellt, konnten wir niemals Argonlinien entdecken, so sehr wir uns auch bemühten. Es werden offenbar die kleinen Argonmengen total durch den Stickstoff erdrückt und eine allmähliche Entfernung des Stickstoffes durch tagelanges Durchschlagen des Funkens gelang uns nicht so weit, dass wir das Auftreten des Argonspectrums hätten constatieren können. Der Grund dürfte darin gelegen sein, dass in zugeschmolzenen Vacuumröhren zufolge der Absorption des Stickstoffes die Verdünnung sehr langsam, aber dennoch, an den Glimmlichterscheinungen kenntlich, steigt und schliesslich eine so hohe Grenze erreicht, dass das Argon keine günstigen Bedingungen für das Auftreten der dasselbe charakterisierenden Spectren findet. Die Anwesenheit selbst kleiner Mengen von Stickstoff ruft grosse Veränderungen im Argonspectrum hervor, wie Rayleigh und Ramsay angeben und später Collie und Ramsay[1]) weiter ausführten. Sie beobachteten, dass in einem Rohre mit Platin-

---

[1]) J. N. Collie und Ramsay stellten sorgfältige Untersuchungen an, um zu ermitteln, welche Beimengung an einem fremden Bestandtheil ein Gas haben kann, ohne dass seine spectroskopischen Merkmale verschwinden. Es ergab sich, dass das Spectrum manchen Gases bei bestimmter Beimengung eines fremden Gases verschwindet, aber bei einer weiteren Verdünnung wieder auftritt. Sie untersuchten namentlich Helium und Argon nebst Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Bezüglich des Argons fanden sie, dass ein Theil Stickstoff in 1200 Theilen Argon bei einem Drucke von 1 *mm* noch erkennbar ist, bei Verminderung des Druckes auf 0·2 *mm* erlischt das Stickstoffspectrum. Viel schwieriger ist der Nachweis kleiner Mengen von Argon im Stickstoff; da das Stickstoffspectrum dominiert, ist es zweifelhaft, ob man spectroskopisch einen niederen Procentsatz von Argon im Stickstoff erkennen kann. Während ausserordentlich kleine Mengen von Wasserstoff und Stickstoff im Argon, sowie auch im Helium spectralanalytisch erkennbar sind, so ist es umgekehrt nicht möglich, kleine Mengen von Argon und Helium in den erstgenannten Gasen zu erkennen, sondern es müssen grössere Mengen Argon und Helium vorhanden sein, um nachweisbar zu sein. Ebenso ist ein grosser Gehalt von Helium bei Gegenwart von Argon erkennbar (zum Beispiel 25% Helium bei 0·09 bis 0·02 *mm* Druck ist eben noch nachweisbar, bei 3·5 *mm* Druck aber verschwinden die Heliumlinien bereits, bei 1·7 *mm* Druck geben sich 80% Helium noch deutlich zu erkennen); im Argonspectrum ist die orangegelbe Linie und die erste grüne Gruppe

elektroden das Stickstoffspectrum verschwindet, wenn die elektrischen Entladungen vier Stunden lang eingewirkt haben. Auch Magnesiumelektroden entfernen alle Spuren von Stickstoff, doch wird aus dem Magnesium Wasserstoff entwickelt (der wahrscheinlich schon früher vom Magnesium absorbiert worden war).

Auch Crookes beobachtete die Absorption von Stickstoffspuren aus Argon in Vacuumröhren, wenn der elektrische Funke durchschlägt. In seinen Röhren, welche Argon von 3 *mm* Druck enthielten, verdampfte das Platin[1]), legte sich am Glase des Rohres an und absorbierte den rückständigen Stickstoff. Ähnlich kann man das Argon durch längeres Durchleiten reinigen, wenn man Aluminiumelektroden verwendet, welche auch den Sauerstoff absorbieren[2]).

Irgendwelche Coïncidenz der vielen Argonlinien mit den Stickstofflinien des Stickstoffspectrums erster und zweiter Ordnung (Banden- und Linienspectrum) konnten wir nicht nachweisen und es ist uns nicht gelungen, auch nur die Spur eines Bandenspectrums beim Argon zu erhalten, was bei anderen Elementen in der Regel gelingt. Das Verhalten des Argons ist in dieser Beziehung ein ähnliches, wie jenes des Wasserstoffes, bei welchem die Spectren verschiedener Ordnung stets Linienspectren sind.

Übrigens ist der Nachweis, dass dem Argon im Ultraviolett ein so helles linienreiches Spectrum zukommt, insoferne bemerkenswert, als der Stickstoff in diesen Bezirken eine äusserst geringe Lichtkraft unter sonst gleichen Verhältnissen aufweist und sich derartig anders verhält, dass man wohl zu der Annahme berechtigt ist, dass Stickstoff und das Argon nicht zu verwandten Elementengruppen gehören.

Friedländer[3]) erwähnt, «dass die violette Linie $\lambda = 4200$ entweder dem Argon und Stickstoff gemeinsam sei oder dass der Stickstofflinie $\lambda = 4200$ eine Argonlinie so nahe liege, dass sie nur um Hundertel $\mu\mu$ differieren». Aus unseren Messungen ergibt sich deutlich, dass die fragliche Linie keine einfache, sondern eine intensive Argondoppellinie von der Wellenlänge $\lambda = \begin{Bmatrix} 4200\cdot79 \\ 4198\cdot40 \end{Bmatrix}$ ist (wie bereits Crookes wahrnahm), welche in dem reinen Argonspectrum stets vorkommt, jedoch nur im ersten Argonspectrum zu grosser Helligkeit gelangt, dagegen im zweiten Spectrum stark zurückbleibt, was besonders von der brechbareren Componente gilt. Im Stickstoffspectrum finden sich, wie Hasselberg[4]) nachwies, mehrere Linien an einer eng benachbarten Stelle (von der Wellenlänge 4201·7, 4201·0, 4200·3 im positiven Bandenspectrum, reduciert auf Rowland's Normalspectrum), welche bei geringer Dispersion den Eindruck einer stark mit der obigen Argonlinie coïncidierenden Linie machen, während thatsächlich keine Coïncidenz vorhanden ist.

---

der Argonlinien sehr beständig. Zum Nachweis des Heliums ist die gelbe Linie (D_3) wenig geeignet wegen ihrer Coïncidenz mit einer der gelben Stickstoffbanden. Dagegen sind die grünen Heliumlinien beständiger und leichter zu identificieren. Bei abnehmendem Drucke nimmt im reinen Heliumspectrum die gelbe Linie rascher an Lichtstärke ab als die grünen Linien (Zeitschr. f. phys. Chemie, 1896, Bd. XIX, pag. 701).

Friedländer liess während längerer Zeit durch Argon, welches vermuthlich etwas Helium enthielt, den Funken schlagen (Platinelektroden); es verschwand allmählich das Argonspectrum, das Spectrum der Capillare war nur mehr das zweite Argonspectrum (wie wir dies früher schon beschrieben haben, Eder und Valenta), dann war das Argonspectrum fast ganz verschwunden und ein Platinspiegel bedeckte einen Theil der Röhre, dann blitzte die gelbe Heliumlinie D_3 auf und verschwand bald, weshalb Friedländer schloss: das Platin reagiert nach längerer Einwirkung auf Helium, ähnlich, wie dies Troost und Ouvrard für Magnesium (Compt. rend., Bd. CXXI, pag. 394) und Brauner für Aluminium (Chem. News., Bd. LXXI, pag. 217) nachgewiesen haben (Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. XIX, pag. 665). — Vergl. auch Mugdan: «Argon und Helium» (Stuttgart 1896, bei F. Enke).

[1]) Crookes nennt dies «elektrische Verdampfung» (vergl. d. diesbezügl. Abhandl., Roy. Soc. Proc., 1891, Bd. L, pag. 881).

[2]) Interessant ist die Beobachtung, welche wir mit Aluminiumelektroden bei unseren Argonuntersuchungen wiederholt machten. Bei Röhren von 3 *mm* Druck und Aluminiumelektroden bildet sich beim Gebrauche sehr rasch ein metallischer spiegelnder Beleg der Innenwände und die negative Elektrode beginnt selbst bei Verwendung von nicht besonders hochgespannten Inductionsströmen zu glühen und glüht dann, wenn der Strom ausgeschaltet wird, kurze Zeit nach. Bei diesem Vorgange schmilzt die Drahtelektrode zu einem kleinen Klümpchen zusammen, ohne dass die Rohre sonst Schaden leiden würden.

[3]) Zeitschr. f. phys. Chemie, 1896, pag. 661.

[4]) Watts: «Index of Spectra».

Einfluss von Wasserstoff, Kohlenwasserstoffen und Quecksilberdampf auf das Argonspectrum.

Wasserdampf ist dem Argonspectrum schädlich, selbst wenn nur kleine Mengen (zufolge unvollkommenen Trocknens beim Evacuieren) vorhanden sind. Es entsteht beim Durchschlagen des Funkens alsbald Wasserstoff, welcher die Farbe des Argonrohres ändert und so constant auftritt und das Spectrum dominiert, dass man sogar die Farbenänderung von Roth in Blau beim Einschalten von Leydenerflaschen nicht mehr wahrnimmt. Die Wasserstofflinien treten kräftig hervor und die Argonlinien kommen kaum zum Vorscheine. Es ist also nöthig, das Argon vor dem Füllen in die Röhren mit Hilfe von Phosphorpentoxyd sorgfältigst zu trocknen. In ähnlicher Weise wirken Spuren von Kohlenwasserstoffen störend. Wir verkitteten die Röhren mittelst Canadabalsam mit den als Verschluss dienenden Quarzplatten, welche auf den verbreiterten Rand der Röhren aufgeschliffen waren. Die Spuren von Kohlenwasserstoff, welche beim Evacuieren der Röhren aus dem schon längere Zeit erhärteten Canadabalsam ins Innere des Rohres drangen, änderten die Farbe der Argonröhren beim Durchschlagen des Funkens und waren in höchstem Grade störend, so dass wir mit solchen Röhren das äusserste Ultraviolett mit dem Quarzspectrographen nicht feststellen konnten. Dies gelang uns erst mit Röhren, welche einen Quarzconus mit planparallelen Flächen besassen, der sorgfältig eingeschliffen und nur mit äusserst wenig Talg gefettet worden war.

Die kleinen Spuren von Quecksilberdampf, wie sie unter Umständen beim Evacuieren der Röhren mit der Quecksilberpumpe in die Argonröhren gelangen, störten uns nicht; jedoch konnten wir das Auftreten einiger weniger Quecksilberhauptlinien beobachten. Stark und auffallend trat nur im brechbarsten Theile des ersten Argonspectrums die starke Quecksilberlinie $\lambda = 2536 \cdot 7$ auf; wir erwähnen dies, weil das Auftauchen dieser Linie vielleicht zu Irrthümern Anlass geben könnte. Diese Quecksilberlinie verschwindet aber beim Einschalten von Flaschen und es bleibt nur das zweite Argonspectrum übrig.

Über die günstigste Beobachtungsart zur Identificierung von Argon.

Soll in Gasgemischen Argon nachgewiesen werden, so ist dasselbe vom Stickstoffe mittelst der Rayleigh'schen Methode zu trennen, nachdem vorher das Gas sorgfältigst getrocknet und etwa vorhandene Kohlenwasserstoffe durch Verbrennen im Kupferoxydrohre und Absorption der Kohlensäure und des Wassers entfernt worden sind.

Die Sammelgefässe, sowie das Quecksilber müssen sorgsam getrocknet sein; ebenso ist das Gas nach der Behandlung mit glühendem Magnesium von Wasserstoff und Wasser zu befreien. Der erstere wird durch Verbrennung, das Wasser durch Überleiten des Gases über Phosphorpentoxyd entfernt; nur auf diese Weise ist das Auftreten von Wasserstoff im Argongase zu vermeiden, welches die Spectren sehr störend beeinflussen würde. Dichtungen der Rohre mit Canadabalsam sind zu vermeiden und am besten ist die Füllung im angeschmolzenen Glasrohre vorzunehmen, denn der charakteristische Theil des Argonspectrums dringt durch die Glaswände der Röhren hindurch, so dass Quarzverschlüsse zur Identificierung des Argons entbehrlich sind. Spuren von Stickstoff sind störend (s. pag. 238), verschwinden jedoch von selbst, wenn man den Flaschenfunken bei Verwendung von Aluminiumelektroden genügend lange hindurchschlagen lässt, bis beim Ein- und Ausschalten der Leydenerflaschen der Farbenwechsel von Blau in Roth in der Capillare sichtbar wird[1]). Argon reagiert viel später auf Aluminium. Es ist

[1]) Der Gehalt eines Gases an Feuchtigkeit und Stickstoff kann zu Irrthümern Veranlassung geben, weil eine schwache Farbenänderung der Capillare beim Ein- und Ausschalten der Flaschen und Variabilität der grünen, rothen und blauen Linien auftritt, indem je nach der Art der elektrischen Erregung bald das Wasserstoff- und bald das Stickstoffspectrum dominiert. Bei einiger Übung ist aber ein Irrthum ausgeschlossen, insbesonders wenn man sich der photographischen Methoden bedient.

empfehlenswert, einige Rohre bei 2 *mm* Druck zu füllen, welche namentlich im optisch hellen Theile beim Ein- und Ausschalten von Leydenerflaschen das charakteristische erste und zweite Argonspectrum geben und zu photographischen Aufnahmen, besonders zur Identificierung des zweiten Argonspectrums dienen.

Ferner kann man Röhren bei 5 *mm* Druck füllen, welche besonders zur Aufnahme des ersten Argonspectrums dienen, jedoch sind derartige Röhren entbehrlich. Eventuell können noch Röhren mit 20 *mm* Druck hergestellt werden, welche zur Herstellung des dritten Argonspectrums dienen, wobei zu hoffen ist, dass fremde Gase, welche bei diesem Drucke noch keine Verbreiterungs- oder Verschiebungsphänomene aufweisen, deutlicher neben Argon hervortreten.

Tabelle III.

Wellenlänge der Linien der Argonspectren (bezogen auf Rowland's Normalspectrum).

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	7723·4	2	—	—	In diesem Bezirke wurden von uns nebenstehende Linien wohl gesehen, aber nicht gemessen		—	—	—	—	—	—	
7646	2	—	—	7635·6	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	7515·1	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
7506	4	—	—	7503·4	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
7377	3	—	—	7383·9	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
7263	2	—	—	7271·6	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	7146·8	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
7056·4	10	—	—	7066·6	7	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	7029·2	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
6965·6	9	—	—	6964·8	8	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6937·8	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
6842	2	—	—	6870·6	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6786·5	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
6754	6	—	—	6752·7	3	6684·2	2			—	—	—	—	—	—	
6664	6	—	—	6676·5	3	6644·2	3			—	—	—	—	—	—	
—	—	6628	4	—	—	6638·6	2			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	6482·8	1			—	—	—	—	—	—	
6407	9	—	—	6415·2	5	—	—			—	—	—	—	—	—	
6377	2	—	—	6384·5	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6368·0	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
6302	4	—	—	6307·8	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
6281	2	—	—	6296·8	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	6243·7	2			—	—	—	—	—	—	
—	—	6232	4	—	—	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6217·5	1	6215·6	1			—	—	—	—	—	—	
6210	6	—	—	6212·5	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
6173	6	6173	6	6172·9	2	6172·3	3			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6170·3	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6155·2	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
6143	2	—	—	6145·6	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	6140·9	1			—	—	—	—	—	—	
—	—	6120	6	—	—	6114·1	3			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6106·1	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
6099	4	—	—	6098·8	1	—	—			—	—	—	—	—	—	
6056	2	—	—	6059·5	4	—	—			—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6052·7	2	—	—			—	—	—	—	—	—	
6045	3	—	—	6043·0	4	—	—	—	—	6043·68	1	—	—	—	—	

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
6038	8	6038	8	6031·5	5	—	—	6032·69	3	6032·69	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	6025·8	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6013·6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	5999·5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	5987·5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	5943·5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5926	4	5926	4	5928·5	2	—	—	5928·61	1	5928·61	1	—	—	—	—	
5909	6	—	—	5912·22	4	—	—	5912·48	4	5912·48	1	—	—	—	—	
5887	6	—	—	5888·93	3	—	—	{5889·02	3	5889·02	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	5882·78	2	—	—	{5883·03	2	—	—	—	—	—	—	
5858	4	—	—	5860·6	2	—	—	5860·69	2	—	—	—	—	—	—	
5834	2	—	—	—	—	—	—	5834·63	2	5834·63	1	—	—	—	—	von Orangeroth bis circa λ = 4500 ein continuierliches Spectrum, welches sich über das ganze Ultraviolett, jedoch viel schwächer, hinzieht. Das Maximum liegt im Gelbgrün
—	—	—	—	5832·3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5803	1	—	—	5802·4	1	—	—	5802·45	2	—	—	—	—	—	—	
5571	2	—	—	5772·5	1	—	—	5772·52	3	5772·52	1	—	—	—	—	
5746	6	—	—	—	—	—	—	5739·87	5	5739·87	2	—	—	5739·87	1	etwas unscharf nach Roth zu
—	—	—	—	—	—	—	—	5701·19	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5691·94	1	5691·94	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	5690·1	1	—	—	5690·19	3	5690·19	1	—	—	—	—	
5683	2	—	—	5683·0	1	—	—	5682·26	4	5682·26	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	5659·4	1	—	—	5659·47	4	5659·47	2	—	—	—	—	
5651	9	—	—	5650·90	4	—	—	5651·03	8	5651·03	5	—	—	5651·03	2	nach Roth zu verbreitert
—	—	—	—	—	—	—	—	5649·02	3	5649·02	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5641·74	2	5641·74	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5639·39	1	5639·39	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5637·68	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5635·91	2	5635·91	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5624·06	1	5624·06	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5621·28	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5618·30	3	5618·30	1	—	—	—	—	
5610	9	—	—	—	—	—	—	5607·44	8	5607·44	6	—	—	5607·44	3	gegen Roth zu verbreitert
—	—	—	—	5606·84	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	5599·6	1	—	—	5600·91	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5597·89	5	5597·89	3	—	—	5597·89	1	etwas unscharf
—	—	—	—	5589·4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5582·20	3	5582·20	1	—	—	5582·20	1	"
—	—	—	—	5581·3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5577·98	2	—	—	—	—	
5567	2	—	—	5572·71	3	—	—	5572·87	6	5572·87	4	—	—	5572·87	2	etwas unscharf, nach Roth verbreitert
—	—	—	—	—	—	—	—	5559·93	3	5559·93	2	Bis in dieser Region annähernd dasselbe, wie reines erstes Spectrum		5559·93	1	"
5557·0	10	—	—	5558·80	5	—	—	5559·02	6	5559·02	8			5559·02	3	"
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5554·37	2			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5534·73	1	5534·73	1			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5529·18	1	5529·18	1			—	—	
5520	1	—	—	5525·2	1	—	—	5525·27	4	5525·27	2			5525·27	1	"
5501	2	—	—	5506·7	1	—	—	5506·42	5	5506·43	3			5506·42	1	"
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5498·55	2			—	—	

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
5496·5	8	—	—	5496·02	4	—	—	5496·16	8	5496·16	6	Bis in dieser Region annähernd dasselbe, wie reines erstes Spectrum		5496·16	3	etwas unscharf, nach Roth verbreitert
—	—	—	—	—	—	—	—	5490·37	2	5490·37	1			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5473·76	3	5473·76	1			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5467·41	3	5467·41	1			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5459·57	1	—	—			—	—	
5456	6	—	—	5458·2	1	—	—	5457·75	4	5457·75	2			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5454·71	2			—	—	
—	—	—	—	5451·87	3	—	—	5451·95	8	5451·95	4			5451·95	2	stark nach Roth verbreitert
5444	2	—	—	—	—	—	—	5443·54	3	5443·54	2			5443·54	1	etwas unscharf, nach Roth verbreitert
—	—	—	—	5442·1	1	—	—	5442·54	2	5442·54	1			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5440·28	4	5440·28	2			5440·28	1	
5421	4	—	—	5421·9	2	—	—	5421·68	6	5421·68	4			5421·68	1	
—	—	—	—	5412·8	1	—	—	—	—	—	—			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5410·76	4	5410·76	2			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5407·70	2			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5402·95	2			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5397·90	2			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5394·20	1	5394·20	1			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5373·76	3	5373·76	1			—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5306·04	4	5306·04	1	5306·04	4	ziemlich scharf nach beiden Seiten hin; hat einen anderen Charakter als die vorhergehenden
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5287·24	5	5287·24	1	5287·24	4	„
—	—	—	—	5275·3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5265·05	1	—	—	—	—	
5258	6	—	—	—	—	—	—	5254·79	2	5254·79	1	5254·79	2	—	—	
—	—	—	—	5254·4	2	—	—	5253·09	4	5253·09	2	5253·09	3	—	—	
5222	7	—	—	5221·9	2	—	—	5221·65	5	5221·65	4	5221·65	4	5221·65	1	etwas unscharf
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5217·17	3	—	—	5217·17	2	verschwommen, nach beiden Seiten hin gleichmässig unscharf
—	—	—	—	5188·46	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5185·8	10	—	—	—	—	—	—	5187·47	5	5187·47	3	5187·47	4	5187·47	2	nach Roth etwas verbreitert
—	—	—	—	—	—	—	—	5177·81	2	5177·81	1	5177·81	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5176·56	4	5176·56	1	5176·56	2	ziemlich scharf, nach beiden Seiten hin gleichmässig verlaufend
5165	9	—	—	—	—	—	—	—	—	5166·03	5	5166·03	1	5166·03	7	„
—	—	—	—	5162·6	4	—	—	5162·59	5	5162·59	3	5162·59[1]	5	5162·59	1	undeutlich
—	—	—	—	5152·7	3	—	—	5151·74	4	5151·74	2	5151·74	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	5145·57	2	—	—	5145·57	6	5145·57	1	5145·57	8	ziemlich scharf, nach beiden Seiten hin gleichmässig verlaufend
—	—	5140	10	—	—	5141·91	1	—	—	5142·20	6	5142·20	1	5142·20	7	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5126·14	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	5120·0	1	—	—	5118·55	2	5118·55	1	5118·55	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5090·81	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5076·25	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	5063·2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

[1]) Wahrscheinlich doppelt.

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
5065	4	5065	10	—	—	5062·19	2	—	—	5062·35	8	5062·35	2	5062·35	9	ziemlich scharf, nach beiden Seiten hin gleichmässig verlaufend
—	—	—	—	—	—	—	—	5060·39	4	5060·39	2	5060·39	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5054·54	2	—	—	5054·54	1	—	—	
—	—	—	—	5051·3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	5049·18	3	—	—	5049·18	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5024·47	3	—	—	—	—	
5012	4	5012	2	—	—	5017·33	1	—	—	5017·46	8	5017·46	1	5017·46	9	„
—	—	—	—	5010·4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	5007	9	—	—	5009·43	2	—	—	5009·63	8	5009·63	1	5009·63	9	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4972·40	4	4972·40	1	4972·40	5	„
—	—	—	—	4969·6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4965·5	4	4965·5	9	—	—	4965·24	2	—	—	4965·38	6	4965·38	2	4965·38	9	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4955·31	4	4955·31	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4949·53	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4943·17	4	—	—	4943·17	4	„
4938	2	4938	10	—	—	4933·41	1	—	—	4933·49	6	4933·49	3	4933·49	8	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4905·05	4	—	—	4905·04	4	„
—	—	—	—	—	—	—	—	4895·01	2	—	—	4895·01	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4893·57	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	4889·4	1	—	—	—	—	4888·88	4	—	—	4888·88	5	„
—	—	—	—	—	—	—	—	4888·21	5	4888·21	2	4888·21	5	—	—	
—	—	—	—	4882·3	2	—	—	—	—	4882·46	4	—	—	—	—	
4879	4	4879	10	—	—	4880·00	4	—	—	4880·14	8	4880·14	5	4880·14	10	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4867·72	5	—	—	4867·72	5	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3866·14	6	4866·14	2	4866·14	2	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4861·44	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	4849·9	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	4847·5	1	—	—	4847·96	3	—	—	4847·94	8	4847·94	4	4847·94	9	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4834·32	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4819·43	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	4807·8	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	4805·0	7	—	—	4806·17	6	—	—	4806·17	10	4806·17	5	4806·17	10	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4792·29	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4791·49	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4771·75	3	4771·75	1	4771·75	2	„
—	—	—	—	4768·3	1	—	—	4768·79	2	—	—	4768·79	1	—	—	
—	—	4763·0	1	—	—	4765·03	3	—	—	4765·04	5	4765·04	3	4765·04	5	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4754·64	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4753·02	2	—	—	4753·04	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4746·82	1	—	—	4746·82	1	—	—	
—	—	—	—	4738·2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	4732·4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	4734·5	6	—	—	4736·07	5	4736·03	1	4736·03	6	4736·03	6	4736·03	5	„
—	—	4726·6	2	—	—	4727·03	4	—	—	4727·00	4	4727·00	3	4727·00	5	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4708·66	3	4708·66	1	—	—	
4701·2	8	—	—	4702·50	4	—	—	4702·40	5	4702·40	1	4702·40	3	—	—	
—	—	4656·5	5	—	—	4658·08	4	4658·04	1	4658·04	5	4658·04	3	4658·04	5	„
—	—	—	—	—	—	—	—	4647·45	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4640·21	2	4640·21	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4637·35	2	—	—	4637·35	5	4632·35	1	4637·35	2	„
4629·5	5	—	—	4628·62	3	—	—	4628·60	8	—	—	4628·60	8	—	—	
—	—	4608·0	8	—	—	4609·74	6	4609·73	2	4609·73	8	4609·75	4	4609·75	6	„

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	—	—	4602·63	1	—	—	—	—	—	—	
4594·5	2	—	—	4596·21	3	—	—	4596·30	8	—	—	4596·30	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	4590·08	5	—	—	4590·05	7	4590·05	3	4590·04	6	ziemlich scharf, nach beiden Seiten hin gleichmässig verlaufend
—	—	4579·5	6	—	—	4579·53	5	—	—	4579·53	8	4579·53	4	4579·53	6	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4565·42	2	4564·55	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4564·55	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4563·87	3	4563·87	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4561·20	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4547·88	2	—	—	—	—	
—	—	4543·5	7	—	—	4545·22	5	—	—	4545·26	8	4545·26	6	4545·26	6	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4535·70	3	4535·70	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4530·73	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4523·54	1	—	—	—	—	—	—	
—	-	—	—	4522·39	3	—	—	4522·49	6	—	—	4522·49	4	—	—	
4514·0	2	—	—	4510·85	5	—	—	4510·90	10	—	—	4510·90	4	—	—	
4509·5	9	4509·5	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4503·11	1	—	—	4503·15	5	4503·15	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4501·66	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4498·68	4	4498·68	1	—	—	undeutlich, entspricht II
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4491·22	4	4491·22	1	4491·22	1	ziemlich scharf, nach beiden Seiten hin gleichmässig verlaufend
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4488·42[1])	4	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4482·00	5	4481·99	1	4481·99	6	4481·99	3	4481·99	5	„
—	—	4478·3	6	—	—	4475·02	2	—	—	4475·15	2	4475·15	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4460·68	2	—	—	4460·70	2	4460·70	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4450·22	3	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	4449·12	2	—	—	4449·13	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4443·55	1	—	—	4443·50	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4439·54	1	—	—	4439·50	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4434·62	2	„
—	—	—	—	—	—	4434·04	2	—	—	4434·10	3	4434·10	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4431·17	4	4431·16	2	4431·16	4	4431·16	2	4431·13	4	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	4430·36	6	4430·35	1	4430·35	4	4430·35	2	4430·35	5	„
—	—	4426·5	10	—	—	4426·17	9	4426·16	3	4426·16	8	4426·16	6	4426·16	8	„
—	—	—	—	—	—	—	—	4424·09	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	4422·5	10	—	—	4421·11	1	—	—	4421·06	2	4421·06	1	4421·06	4	„
—	—	—	—	—	—	4408·10	1	—	—	4408·06	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4401·16	5	4401·19	2	4401·19	6	4401·19	4	4401·19	6	„
—	—	4399·5	10	—	—	4400·27	3	4400·25	3	4400·25	5	4400·25	3	4400·25	5	„
—	—	—	—	—	—	4383·90	2	—	—	4383·94	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4379·83	6	4379·79	2	4379·79	6	4379·79	4	4379·79	6	„
—	—	4376·5	9	—	—	4376·11	3	—	—	4376·15	2	4376·15	2	4376·15	4	„
—	—	—	—	—	—	4375·20	1	—	—	4375·25	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4371·50	4	4371·46	1	4371·46	6	4371·46	2	4371·46	6	„
—	—	4369·0	9	—	—	4370·93	4	—	—	4370·92	6	4370·92	2	4370·92	6	„
—	—	—	—	—	—	4367·95	1	—	—	4368·04	1	—	—	4368·04	1	„
—	—	—	—	4363·97	1	—	—	4363·94	4	—	—	4363·94	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4362·23	2	—	—	4362·20	3	—	—	4362·20	3	„
—	—	—	—	—	—	4352·37	4	—	—	4352·40	5	—	—	4352·40	5	„

[1]) Diese Linie tritt nur im stärksten Flaschenfunken im 2 *mm*-Rohre auf, nicht aber im normalen zweiten Spectrum.

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	
—	—	4348·5	10	—	—	4348·22	10	4348·11	3	4348·11	10	4348·11	5	4548·11	10	ziemlich scharf
4345·0	5	—	—	4345·32	4	4345·33[1])	1	4345·27	10	—	—	4345·27	5	—	—	
—	—	—	—	—	—	4343·90	2	—	—	4343·90	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4337·24	1	4337·20	1	4337·20	1	4337·20	1	—	—	
—	—	—	—	4335·49	4	4335·47[1])	1	4335·42	8	—	—	4335·42	8	—	—	
4333·5	9	4333·5	9	4333·71	6	4333·70[1])	2	4333·65	6	4333·65	1	4333·65	5	4333·65	2	„
—	—	—	—	—	—	4332·21	3	—	—	4332·20	3	4332·20	1	4332·20	5	„
—	—	—	—	—	—	4331·35	6	4331·31	1	4331·31	8	4331·31	4	4331·31	8	„
—	—	—	—	—	—	—	—	4321·77	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4312·27	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4309·31	2	—	—	4309·31	2	—	—	4309·31	3	„
—	—	—	—	4304·03	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4300·82	3	—	—	4300·82	3	„
4300·5	9	—	—	4300·25	6	4300·82	2	4300·18	10	—	—	4300·18	5	—	—	
—	—	4299·00	9	—	—	4298·22	1	—	—	4298·20	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4288·06	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4283·05	3	—	—	4283·03	5	4283·02	3	4283·03	4	scharf
—	—	—	—	—	—	—	—	4278·21	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4278·02	5	sehr stark verbreitert, entspricht Blau II
—	—	4277·0	3	—	—	4277·72	6	4277·65	1	4277·65	10	4277·65	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	4275·33	1	—	—	4275·34	4	4275·34	1	—	—	
4272·0	8	4272·0	7	4272·30	6	—	—	4272·29	10	—	—	4272·29	8	4272·29	1	ziemlich scharf
4266·0	4	4266·0	6	4266·43	5	4266·68	6	4266·44	10	4266·44	8	4266·44	10	4266·44	8	„
—	—	—	—	—	—	—	—	4265·38	2	—	—	—	—	—	—	
4259·5	9	4259·5	8	4259·49	7	—	—	4259·50	10	—	—	4259·50	8	4259·50	2	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4255·73	1	4255·73	1	—	—	
4251·5	3	4251·5	2	4251·33	3	—	—	4251·27	6	—	—	4251·27	5	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4247·68	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4237·74	2	sehr stark verbreitert, entspricht Blau II
—	—	—	—	—	—	4237·40	3	—	—	4237·34	5	4237·34	2	—	—	
—	—	4228·5	6	—	—	4229·81	1	4228·27	2	4228·57	8	4228·27	4	4228·27	6	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	4229·02	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4228·31	5	—	—	4227·14	4	4227·14	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	4227·15	2	—	—	—	—	—	—	4223·83	3	sehr stark verbreitert, entspricht Blau II
—	—	—	—	—	—	4222·84	3	—	—	4222·76	6	4222·76	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4219·84	3	„
—	—	—	—	—	—	4218·84	3	—	—	4218·79	4	4218·79	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4212·37	2	—	—	4212·37	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4210·14	2	—	—	4210·14	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4203·92	1	„
—	—	—	—	4205·01	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4203·61	1	—	—	4203·54	4	4203·54	1	—	—	
—	—	—	-	—	—	4202·11	2	4202·11	4	4202·11	1	4202·11	1	4202·11	3	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	4199·23[1])	3	—	—	—	—	—	—	—	—	
4201·0	10	4201·0	10	4200·80	9	4189·77	1	4200·75	10	4200·75	1	4200·75	8	4200·75	3	„
4198·0	9	4198·0	9	4198·16	5	—	—	4198·40	10	—	—	4198·40	5	4198·40	2	„
4191·5	9	4191·5	9	{4191·84	5	—	—	4191·02	10	4191·02	1	4191·02	8	4191·02	2	„
				{4190·84	5			4190·85	5	4190·85	1	4190·85	5	4190·85	2	„

[1]) Diese Linien führt Kayser nur in seiner älteren Tabelle (Chemical News), nicht aber in den späteren (Sitzungsberichte der Berliner Akademie); in der That sind dieselben charakteristisch für das «rothe» (erste) Spectrum, nicht aber für das «blaue» (zweite) Spectrum, wie auch aus unseren Beobachtungen hervorgeht.

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
4183·0	8	4183·0	8	4182·00	5	4183·11	2	4182·03	9	4182·03	2	4182·03	7	4182·02	2	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4180·38	2	sehr stark verbreitert, entspricht Blau II
—	—	—	—	—	—	4179·48	1	—	—	4179·45	5	4179·45	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	4178·50	1	—	—	4178·58	5	4178·58	1	4178·58	3	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4182·97[1])	8	—	—	—	—	s. Bemerkung pag. 229
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4175·25[1])	5	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4174·20[1])	5	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4172·95[1])	5	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4172·05[1])	6	—	—	—	—	
4164·5	4	4164·5	8	4164·31	5	—	—	4164·36	9	4164·36	1	4164·36	6	4164·36	2	„
—	—	—	—	4162·91	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4159·5	10	4159·5	10	4158·72	9	—	—	4158·65	10	4158·65	1	4158·65	6	4158·65	4	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4157·30	3	sehr stark verbreitert, entspricht Blau II
4156·5	6	—	—	—	—	4156·30	2	—	—	4156·30	6	4156·30	1	—	—	
—	—	—	—	4154·66	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4152·97	5	—	—	4152·97	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4150·18	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4146·76	1	4147·36	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4146·68[1])	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4141·65	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4134·48	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4132·81	4	stark nach Roth verbreitert, entspricht Blau II
—	—	4131·5	3	—	—	4131·91	4	4131·95	2	4131·95	8	4131·95	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4129·89	2	4129·89	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4128·87	4	4128·87	1	4128·87	1	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	4112·92	1	—	—	4113·04	5	4113·04	1	4113·04	2	„
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4104·93	6	sehr stark verbreitert, besonders gegen Roth, entspricht Blau II
—	—	4105·0	8	—	—	4104·11	7	4104·10	2	4104·10	10	4104·10	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	4099·60	1	—	—	4099·59	3	4099·59	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4098·33	3	4098·33	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4097·27	1	—	—	4097·36	2	4097·36	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4089·04	1	—	—	4089·04	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4082·54	2	—	—	4082·59	6	4082·59	2	4082·53	2	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	4080·87	1	—	—	4080·85	4	4080·85	2	4080·4	3	sehr stark verbreitert
—	—	—	—	—	—	4079·71	2	—	—	4079·80	6	4079·80	2			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4077·70	3	sehr stark verbreitert, entspricht Blau II
—	—	—	—	—	—	4077·20	2	—	—	4077·15	2	4077·15	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4076·85	2	—	—	4076·85	8	4076·85	2	—	—	
—	—	4072·5	8	—	—	4072·58	3	—	—	4072·58	5	4072·58	1	4072·3	6	sehr verschwommen
—	—	—	—	—	—	4072·16	7	—	—	4072·18	8	4072·18	2			
—	—	—	—	—	—	4068·17	1	—	—	4065·79[2])	4	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4055·91	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4054·65	5	—	—	4054·65	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4053·50	1	verschwommen, entspricht Blau II
—	—	—	—	4054·66	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4053·11	1	—	—	4053·12	6	4053·12	1	—	—	

[1]) Diese Linie tritt nur im stärksten Flaschenfunken im 2 *mm*-Rohre auf, nicht aber im normalen zweiten Spectrum.
[2]) Diese Linie tritt nur bei sehr starkem Flaschenfunken auf, fehlt aber im normalen zweiten Spectrum.

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	—	—	4050·18	3	—	—	4050·18	1	—	—	
—	—	—	—	4046·62	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	4046·03	2	—	—	4046·04	6	—	—	4046·04	4	—	—	
—	—	—	—	4044·57	7	—	—	4044·52	10	—	—	4044·52	8	4044·52	1	ziemlich scharf
4044	9	4044·0	8	—	—	4043·04	4	—	—	4043·04	8	4043·04	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	4038·97	2	—	—	4038·99	6	4038·99	1	4038·99	3	"
—	—	—	—	—	—	4035·62	2	—	—	4035·58	5	4035·58	1	4035·58	1	"
—	—	4033·0	1	—	—	4034·02	2	—	—	4033·99	6	4033·99	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4033·11	3	—	—	4033·11	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4023·73	1	—	—	4023·68[1])	4	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4017·99	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	4013·0	8	—	—	4014·00[1])	6	4013·97	2	4013·97	8	4013·97	4	4013·97	8	"
—	—	—	—	—	—	4013·10[1])	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	4011·53	1	—	—	4011·38	4	4011·38	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	4010·05	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3995·04	1	—	—	3994·81	4	3994·81	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3992·20	2	—	—	3992·17	6	3992·17	2	3992·17	2	"
—	—	—	—	—	—	3988·38	1	—	—	3988·37	3	3988·37	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3980·38	2	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3978·5	1	—	—	3979·54	3	3979·57	1	3979·57	7	3979·57	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	3974·86	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3974·65	2	—	—	3974·70	6	3974·70	1	3974·70	4	ziemlich scharf
—	—	3967·8	3	—	—	3968·50	4	—	—	3968·54	4	3968·54	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3960·62[2])	4	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3960·59	2	3960·24	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3958·53	2	—	—	3958·58	4	3958·58	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3953·64	2	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	—	—	3954·77	1	—	—	3954·77	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3952·89	1	—	—	3952·82	2	—	—	—	—	
3948·5	10	3948·5	9	3949·11	6	—	—	3949·08	10	—	—	3949·08	4	3949·08	2	ziemlich scharf
—	—	—	—	3947·65	4	—	—	3947·75	5	—	—	3947·75	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3947·15	3	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3946·29	4	—	—	3046·20	5	3946·20	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	3944·41	4	—	—	3944·50	6	3944·50	2	3944·50	4	ziemlich scharf
—	—	3943·5	3	—	—	—	—	3943·55	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3937·21	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3934·20	3	3934·20	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3933·40	5	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3932·72	4	—	—	3932·71	6	3932·71	2	—	—	
—	—	3931·8	3	—	—	3931·38	2	—	—	3931·32	5	3931·32	2	3931·32	3	ziemlich scharf, etwas verbreitert
—	—	3928·5	9	—	—	3928·75	7	3928·78	1	3928·78	10	3928·78	5	3928·78	6	verbreitert
—	—	3927·5	3	—	—	3925·90	3	—	—	3925·93	6	3925·93	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3924·80	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	3915·0	1	—	—	3914·93	3	3914·93	1	3914·93	8	3914·93	2	3914·93	4	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3912·38	1	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3911·72	1	—	—	3911·69	6	3911·69	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3901·43	1	"
3904·5	8	—	—	—	—	3907·90	1	—	—	3907·80	6	3907·80	1	—	—	

[1]) Diese Linien treten nur bei sehr starkem Flaschenfunken auf, fehlen aber im normalen zweiten Spectrum.
[2]) Tritt nur im stärksten Flaschenfunken auf, coïncidiert n i c h t mit 3960·24 vom ersten Spectrum.

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	3900·07	1	3900·76	2	3900·04	4	—	—	3900·04	1	—	—	
—	—	—	—	3894·80	2	—	—	3894·78	5	—	—	3894·78	2	—	—	
—	—	3892·0	5	—	—	3892·13	4	—	—	3892·15	8	3892·15	2	3892·15	5	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	3891·55	2	—	—	3891·53	6	3891·53	1	3891·53	2	"
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3880·99	1	stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3880·43	1	—	—	3880·46	6	3880·46	1	—	—	
—	—	3875·5	2	—	—	3875·41	3	—	—	3875·40	8	3875·40	2	3875·40	4	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	3874·29	1	—	—	—	—	—	—	3872·91	2	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3871·8	2	—	—	3872·33	2	—	—	3872·26	6	3872·26	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3869·50	6	"
—	—	3868·5	8	—	—	3868·72	6	3868·68	1	3868·68	8	3868·68	3	—	—	
—	—	—	—	3866·35	1	—	—	3866·23	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3858·46	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3856·21	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3855·37	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3854·52	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	3851·5	10	3850·69	1	3850·72	8	3850·70	3	3850·70	10	3850·70	5	3850·70	8	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	3846·86	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	3845·5	1	—	—	3845·54	1	—	—	3845·51	5	3845·51	1	3845·45	2	"
—	—	—	—	—	—	3844·92	1	—	—	3844·90	4	3834·90	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3842·25	1	verschwommen, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3841·71	1	—	—	3841·63	5	3841·63	1	—	—	
3835·5	3	3835·5	2	3834·77	4	—	—	3834·83	6	—	—	3834·83	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	3830·59	1	—	—	3830·58	5	3830·58	2	3830·58	1	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3827·67	5	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3827·5	2	—	—	3826·98	3	—	—	3826·92	6	3826·92	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	3925·87	1	—	—	3825·89	4	3825·89	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3819·30	1	—	—	3819·15	3	3819·15	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3810·52	4	"
—	—	3809·5	4	—	—	3809·65	3	3809·58	2	3809·58	6	3809·58	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	3808·75	1	—	—	3808·72	5	3808·72	1	3808·72	2	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3804·39	2	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3803·5	1	—	—	3803·38	2	—	—	3803·38	5	3803·38	3	—	—	
—	—	—	—	3801·05	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3800·43	1	—	—	3800·40[1]	3	—	—	3800·30	2	"
—	—	3799·5	1	—	—	3799·60	2	—	—	3799·65	5	3799·65	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	3796·88	1	—	—	3796·83	4	3796·83	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3795·51	3	—	—	3795·56[1]	7	—	—	3795·56	1	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	3786·54	2	—	—	3786·60	6	3786·60	2	3786·60	3	"
—	—	—	—	3781·46	2	3781·02	6	3781·50	4	—	—	3781·50	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3781·58	6	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3780·8	9	—	—	—	—	3781·07	5	3781·07	8	3781·07	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3776·91	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	3775·48	1	3776·89	1	3775·62	2	—	—	3775·62	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3771·58	3	stark verbreitert, entspricht II oder I
3770·5	1	3770·5	2	3770·44	3	3770·72	2	3770·80	4	3770·80	4	3770·81	4	—	—	

[1]) Diese Linien (3800 und 3795) treten nur bei sehr starkem Flaschenfunken auf, kommen aber im normalen zweiten Spectrum nicht vor.

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	3766·0	8	—	—	3766·29	2	—	—	3766·30	5	3766·30	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3766·21	5	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3765·46	5	3765·48	2	3765·48	8	3745·48	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3764·40	2	„
—	—	—	—	—	—	3763·72	3	—	—	3763·76	6	3763·76	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	3760·43	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3756·54	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3754·28	3	3754·28	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3753·72	1	—	—	3753·60	5	3753·60	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	3750·43	1	—	—	3750·79	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3747·14	1	—	—	3747·25	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3746·75	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	3743·81	1	—	—	3743·95	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3739·88	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3738·97	4	„
—	—	3738·5	3	3738·03	1	3738·09	3	3738·04	1	3738·04	8	3738·04	5	—	—	
—	—	—	—	—	—	3735·54	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3734·70	5	3734·70	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3733·12	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	3729·8	10	—	—	3729·45	9	3729·52	2	3729·52	10	3729·52	3	3729·52	6	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	3725·67	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3724·70	2	—	—	3724·67	4	3724·67	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3724·31	4	3724·31	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3720·62	1	—	—	3720·61	6	3720·61	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3718·82	4	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3718·0	4	—	—	3718·40	3	—	—	3718·39	8	3718·39	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	3717·37	1	—	—	3717·36	6	3717·36	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3716·70	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3714·74	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3712·94	2	—	—	3713·19	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3710·17	1	—	—	3710·11	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	3696·59	1	3696·16	1	3696·70	2	—	—	3696·70	1	—	—	
—	—	—	—	3691·00	2	3692·74	1	3691·09	4	—	—	3691·09	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3680·12	1	3680·30	5	3680·30	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3679·07	2	„
—	—	—	—	—	—	3678·48	2	3678·43	6	3678·43	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	3675·35	1	—	—	3675·38	2	—	—	3675·38	1	—	—	
—	—	—	—	3670·78	2	3670·07	1	3670·90	4	—	—	3670·90	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3669·70	1	—	—	3669·63	3	3669·63	1	—	—	
—	—	—	—	3663·39	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3660·64	1	—	—	3660·70	6	3660·70	3	—	—	
—	—	—	—	3659·63	2	—	—	3659·70	3	—	—	3659·70	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3656·27	1	—	—	3656·26	5	3656·26	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3655·92	2	„
—	—	—	—	—	—	3655·47	3	—	—	3655·52	6	3655·52	3	—	—	
—	—	—	—	3654·96	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3651·75	1	„
—	—	—	—	—	—	3651·14	1	—	—	3651·04	6	3651·04	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3650·31	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3650·26	2	—	—	3649·99	5	—	—	3649·99	3	—	—	
—	—	—	—	3643·23	2	—	—	3643·30	3	—	—	3643·30	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3640·56	2	„

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	
—	—	—	—	—	—	3640·02	2	—	—	3640·00	6	3640·00	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	3638·02	7	—	—	—	—	—	—	3637·92	2	ziemlich scharf, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3637·21	1	—	—	3637·25	5	3637·25	2	—	—	
—	—	—	—	3634·59	3	—	—	3634·64	6	—	—	3634·64	2	—	—	
3632·5	2	—	—	3632·77	3	—	—	3632·82	6	—	—	3632·82	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3622·90	2	sehr stark verbreitert, entspricht II
3623·7	1	—	—	—	—	3622·35	2	—	—	3622·31	6	3622·31	2	—	—	
3622·8	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	3617·5	2	—	—	—	—	—	—	3612·00	2	3612·00	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3611·11	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	3606·68	5	3606·07	2	3606·69	6	—	—	3606·69	2	3606·06	3	ziemlich scharf
3605·0	5	3605·0	3	—	—	—	—	—	—	3605·05	3	3605·05	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3603·98	1	—	—	3603·70	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3601·68	2	3601·68	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3601·10	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3600·24	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	3599·82	1	—	—	3599·19	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3598·60	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3592·20	1	—	—	—	—	—	—	3589·11	8	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3587·0	10	—	—	3588·63	9	3588·64	5	3588·64	10	3588·94	6	—	—	
—	—	—	—	—	—	3587·12	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3586·12	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3585·20	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	3582·72	1	—	—	—	—	3582·79	8	"
—	—	—	—	—	—	3582·55	7	3582·54	2	3582·54	6	3582·54	3	—	—	
—	—	3580·3	9	—	—	3581·80	4	3581·82	1	3581·82	6	3581·82	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	3580·44	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3577·27	8	"
—	—	—	—	—	—	3579·00	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	3575·0	9	—	—	3576·81	8	3576·80	3	3576·80	8	3576·80	5	—	—	
—	—	—	—	—	—	3573·29	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3572·42	2	—	—	3572·44	3	—	—	3572·44	1	—	—	
3566·5	4	3566·5	2	3567·79	4	—	—	3567·88	4	—	—	3567·88	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3565·78	3	"
—	—	—	—	—	—	3565·22	2	—	—	3565·20	5	3565·20	3	—	—	
—	—	—	—	3564·42	3	3564·59	1	—	—	3564·50	4	3564·50	1	—	—	
—	—	3564·0	2	—	—	—	—	3564·54	4	3564·54	3	3564·54	3	—	—	
3562·8	1	—	—	3563·36	3	3563·20	1	3563·50	4	—	—	3563·50	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	3562·39	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3561·21	7	3561·51	1	3561·51	4	3561·51	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3561·50	5	"
—	—	3560·0	2	—	—	—	—	—	—	3561·20	5	3561·20	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3560·15	5	"
—	—	3558·2	7	3559·60	1	3559·70	8	3559·69	3	3559·69	6	3559·69	5	—	—	
—	—	—	—	—	—	3558·67	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3557·03	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3556·17	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3555·11	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3556·14	2	—	—	3556·16	3	—	—	3556·16	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	3555·55	2	—	—	—	—	—	—	
3554·5	6	3554·5	4	3554·44	5	—	—	3554·48	4	—	—	3554·48	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	3551·95	1	—	—	—	—	3549·15	3	stark verbreitert, entspricht II

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	λ	i	
—	—	3547·5	4	—	—	3548·68	2	—	—	3548·69	5	3548·69	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3546·58	10	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3546·01	5	—	—	3546·03	10	3546·03	2	—	—	
—	—	3544·5	7	3545·95	1	3545·79	5	—	—	3545·78	10	3545·78	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3536·00	4	stark verbreitert, entspricht II
—	—	3534·3	4	—	—	3535·51	3	—	—	3535·53	6	3535·53	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	3522·10	1	—	—	3522·14	5	3522·14	1	3522·14	1	scharf, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3521·43	2	—	—	3521·46	5	3521·46	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3520·70	4	stark verbreitert, entspricht II
—	—	3520·5	3	—	—	3520·19	3	—	—	3520·15	6	3520·15	3	—	—	
—	—	3519·2	4	—	—	3518·08	1	—	—	3519·52	3	3519·52	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3517·94[1])	1	—	—	—	—	—	—	3514·98	8	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3513·5	6	3514·51	1	3514·58	4	3514·53	1	3514·53	8	3514·53	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	3514·35	4	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3511·80	1	—	—	3511·79	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3511·29	8	—	—	3511·35	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3510·26	5	stark verbreitert, entspricht II
—	—	3508·8	4	3509·93	1	3509·96	3	—	—	3509·93	6	3509·93	4	—	—	
—	—	—	—	—	—	3509·48	3	—	—	3509·54	2	3509·54	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3507·80	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3507·27	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3506·65	2	3506·43	1	3506·64	2	—	—	3506·64	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3505·08	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3503·73	2	—	—	3503·76	2	—	—	3503·76	2	ziemlich scharf
—	—	—	—	—	—	3502·84	2	—	—	3502·00	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3500·72	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3499·82	3	—	—	3499·85	3	—	—	3499·85	2	„
—	—	—	—	—	—	3498·42	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3497·22	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3495·19	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3493·44	1	3493·56	1	3493·40	3	—	—	—	—	—	—	
—	—	3490·0	10	—	—	3491·72	7	—	—	3491·71	10	3491·71	3	3491·71	5	stark verbreitert (coïncidiert)
—	—	—	—	—	—	3491·44	5	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3491·03	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3488·32	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3484·12	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3480·64	5	—	—	3480·69	5	3480·69	2	3480·69	2	mässig verbreitert
—	—	—	—	—	—	3478·41	2	—	—	3478·42	6	3478·42	2	3478·36	2	mässig verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3477·38	6	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	3475·7	7	3476·89	1	3476·93	5	3476·96	1	3476·96	8	3476·96	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	3473·37	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3472·71	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3471·44	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3466·89	4	stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3466·53	2	—	—	3466·40	4	3466·40	1	—	—	

[1]) Diese Linien führt Kayser nur in seinen älteren Tabellen (Chemical News), nicht aber in den späteren (Sitzungsberichte der Berliner Akademie).

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argonspectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argonspectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3466·07	4	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3464·81	3	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3464·36	2	—	—	3464·33	6	3464·33	3	—	—	
—	—	—	—	3461·19	3	—	—	3461·23	4	—	—	3461·23	2	—	—	
—	—	—	—	3455·03	1	—	—	3455·14	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3455·57	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3454·84	4	"
—	—	3453·5	1	—	—	3454·30	2	—	—	3454·30	5	3454·30	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	3450·22	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3448·46	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3445·25	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3442·64	1	—	—	3442·77	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3438·17	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3432·75	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3431·10	2	"
—	—	—	—	—	—	3430·65	1	—	—	3430·58	4	3430·58	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3429·85	1	—	—	3429·81	4	3429·81	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3424·39	1	—	—	3424·41	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3422·32	2	"
—	—	—	—	—	—	3421·82	2	—	—	3421·80	5	3421·80	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3417·61	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3414·61	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3413·67	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3406·43	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	3406·29	1	—	—	3406·29	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3404·43	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3398·02	1	—	—	—	—	3397·97	2	3397·97	1	—	—	
—	—	—	—	3393·85	3	—	—	3394·03	4	—	—	3394·03	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3393·46	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	3392·89	2	—	—	3392·94	3	—	—	3292·94	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3391·96	4	—	—	3391·86[1]	6	—	—	—	—	
—	—	—	—	3389·96	1	—	—	3390·05	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3888·94	3	sehr stark verbreitert, besonders gegen Roth, entspricht II
—	—	3388·0	1	3388·46	1	3388·71	4	—	—	3388·65	6	3388·65	2	—	—	
—	—	—	—	3387·70	1	—	—	3387·80	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3384·94	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3383·87	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	3381·57	1	—	—	3381·67	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3381·27	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3379·67	1	—	—	3379·73	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3377·38	3	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3376·62	3	—	—	3376·61	6	3376·61	3	—	—	
—	—	—	—	3373·59	2	—	—	3373·65	3	—	—	3373·65	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3371·08	1	—	—	3371·07	4	3371·07	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3366·76	1	—	—	3366·75	4	3366·75	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3365·66	1	—	—	3365·67	3	3365·67	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	3361·97	1	—	—	3361·33	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3361·42	2	—	—	—	—	—	—	—	—	

[1]) Diese Linie (3391) tritt nur bei sehr starkem Flaschenfunken auf, kommt aber im normalen zweiten Spectrum nicht vor.

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	3360·15	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3358·63	6	—	—	3358·67	2	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3355·30	1	—	—	—	—	—	—	3351·80	3	sehr stark verbreitert, entspricht II
—	—	—	—	—	—	3352·25	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3351·11	3	—	—	3351·10	5	3351·10	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	3348·16	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3344·86	6	—	—	3344·89	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3342·53	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3341·64	1	3341·52	1	—	—	3341·88	1	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3339·60	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3336·27	6	—	—	3336·32	3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3332·97	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3327·44	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3325·63	2	—	—	3325·63	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3323·67	2	3323·91	1	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3319·46	3	—	—	3319·42	2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3314·62	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3311·32	6	—	—	3311·34	4	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3308·04	1	—	—	—	—	—	—	3308·13	2	„
—	—	—	—	—	—	3307·37	3	—	—	3307·37	6	3307·37	3	—	—	
—	—	—	—	—	—	3306·50	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3305·72	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3305·25	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3303·08	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3302·50	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3301·94	7	—	—	3301·97	5	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	3298·65	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	3295·44	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3294·58	3	„
—	—	—	—	—	—	3293·77	4	—	—	3293·82	5	3293·82	2	—	—	
—	—	—	—	—	—	3289·20	2	—	—	—	—	—	—	von da ab nicht mehr weiter gemessen		
—	—	—	—	—	—	3285·91	8	—	—	3285·91	6	—	—			
—	—	—	—	—	—	3282·66	2	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	3281·87	3	—	—	3281·83	6	3281·83	2			
—	—	—	—	—	—	3273·48	1	—	—	3273·40	3	—	—			
—	—	—	—	—	—	3271·12	1	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	3263·95	1	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	3263·72	2	—	—	3263·71	5	3263·71	1			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3259·73	1	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3258·95	1	—	—			
—	—	—	—	—	—	3251·89	3	—	—	3251·90	1	—	—			
—	—	—	—	—	—	3249·97	4	—	—	3249·95	3	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	3245·64	1	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	3244·51	1	3243·85	4	—	—	3243·85	2	—	—			
—	—	—	—	—	—	3237·92	1	—	—	3237·05	3	—	—			
—	—	—	—	—	—	3236·81	1	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3230·30	1	von da ab wurde das Mischspectrum nicht mehr gemessen, weil es sich sehr wenig vom reinen ersten Spectrum unterscheidet				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3226·16	2					
—	—	—	—	—	—	3222·18	1	—	—	3222·62	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3221·41	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3217·89	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3216·98	2					
—	—	—	—	—	—	3212·74	1	—	—	3212·76	4					

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	3210·68	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3207·85	1					
—	—	—	—	—	—	3204·47	2	—	—	3204·49	5					
—	—	—	—	—	—	3196·11	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3194·40	1	—	—	3194·52	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3187·97	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3186·42	2					
—	—	—	—	—	—	3183·17	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3181·17	3	—	—	3181·26	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3179·30	1					
—	—	—	—	3175·11	1	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3173·26	1					
—	—	—	—	—	—	3171·77	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3169·81	4	—	—	3169·88	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3167·70	2					
—	—	—	—	—	—	3165·48	1	—	—	3165·36	3					
—	—	—	—	—	—	3161·52	3	—	—	3161·64	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3159·47	1					
—	—	—	—	—	—	3157·58	2	—	—	3157·13	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3154·06	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3152·89	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3150·70	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3148·53	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3146·63	1					
—	—	—	—	—	—	3139·16	3	—	—	3139·26	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3137·88	2					
—	—	—	—	3131·90	2	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	—	3125·70	4	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3128·00	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3125·98	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3116·16	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3110·44	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3104·63	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3102·88	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3100·21	1					
—	—	3092·7	5	—	—	3093·48	3	—	—	3093·57	8					
—	—	3084·8	4	—	—	—	—	—	—	3085·29	1					
—	—	—	—	—	—	3083·72	1	—	—	3083·15	2					
—	—	—	—	—	—	3078·21	2	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3067·16	2					
—	—	—	—	—	—	3067·00	1	—	—	—	—					
—	—	3064·7	2	—	—	3064·83	2	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3054·85	3	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3048·55	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3046·13	1	—	—	3046·28	2					
—	—	3042·7	3	—	—	—	—	—	—	3046·15	2					
—	—	—	—	—	—	3039·48	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	3034·7	4	—	—					
—	—	—	—	—	—	3033·62	2	—	—	3033·76	4					
—	—	—	—	—	—	3031·76	1	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3029·02	2	3029·10	2	3029·10	6					
—	—	—	—	—	—	3027·18	1	3027·07	1	3027·07	2					

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	3024·08	3	—	—	—	—					
—	—	—	—	3021·52	4	—	—	3021·9	4	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3014·70	1					
—	—	—	—	—	—	3002·67	4	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	3000·63	2	—	—	3000·70	3					
—	—	2998·2	1	—	—	2979·16	4	2979·35	2	2979·35	8					
—	—	2978·6	1	2972·60	1	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	—	2968·39	2	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	—	2967·35	5	—	—	2967·3	5	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2960·45	3					
—	—	—	—	—	—	2955·37	2	—	—	2955·67	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	2943·17	1	2943·17	8					
—	—	2942·7	2	—	—	2942·94	5	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2932·90	2					
—	—	—	—	—	—	2931·52	2	—	—	2931·72	3					
—	—	2929·6	1	—	—	2924·68	1	—	—	2924·92	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2916·3	2					
—	—	—	—	—	—	2896·91	1	—	—	2896·97	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	2893·5	1	—	—					
—	—	—	—	—	—	2891·73	2	2891·87	3	2891·87	6					
—	—	—	—	—	—	2884·24	5	—	—	2884·1	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2879·0	4					
—	—	—	—	—	—	2878·79	2	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2874·6	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	2873·5	3	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	2866·0	1	2866·0	5					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2860·9	1					
—	—	—	—	—	—	2855·29	3	—	—	2855·4	3					
—	—	—	—	—	—	2853·27	1	—	—	2853·5	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2847·0	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2843·7	3					
—	—	—	—	—	—	2842·88	2	—	—	2842·6	3					
—	—	2830·2	1	—	—	—	—	2833·6	3	—	—					
—	—	—	—	—	—	2824·47	1	—	—	2824·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2818·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2809·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2806·3	8					
—	—	—	—	—	—	—	—	2802·2	3	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2800·7	1					
—	—	—	—	—	—	2796·66	2	—	—	2797·0	3					
—	—	2794·4	2	—	—	—	—	—	—	2795·65	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2789·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2785·3	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2784·6	2					
—	—	—	—	—	—	2774·90	1	—	—	2775·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2769·7	8					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2764·5	4					
—	—	—	—	—	—	2762·11	3	—	—	2762·1	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2757·2	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2753·9	8					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2744·88	8					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2741·1	2					
—	—	2734·5	2	—	—	—	—	—	—	2732·67	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2724·8	1					

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2720·4	1					
—	—	2707·2	0·5	—	—	—	—	—	—	2708·40	8					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2701·8	1					
—	—	2693·0	1	—	—	—	—	—	—	2692·8	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2683·6	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2678·6	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2674·3	2					
—	—	2661·2	2	—	—	—	—	—	—	2663·7	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2662·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2662·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2660·8	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2660·3	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2654·8	2					
—	—	2652·6	3	—	—	—	—	—	—	2652·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2650·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2647·6	8					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2640·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2637·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2634·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2632·3	1					
—	—	2629·5	1	—	—	—	—	—	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2627·8	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2625·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2621·4	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2617·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	2614·6	4	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	2614·2	1	2614·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2592·3	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2585·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2579·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	2577·6	1	—	—					
—	—	2571·2	2	—	—	—	—	2571·5	1	2571·5	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2570·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2569·3	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2568·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2566·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2565·8	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2564·7	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2562·3	6					
—	—	2560·7	1	—	—	—	—	—	—	2559·5	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2556·8	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2553·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2549·8	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2547·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2546·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2544·8	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2540·1	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	2536·7[1])	8	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2536·0	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2534·8	5					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2528·6	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2525·6	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2522·5	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2516·8	8					

[1]) Ist eine Quecksilber-Hauptlinie, welche im Geisslerrohre stark auftritt und von Spuren Hg-Dampf herrührt.

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	—	—	2516·3	4	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2515·6	8					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2512·3	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2510·6	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2507·3	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2504·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2503·9	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2501·8	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2500·4	5					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2499·5	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2497·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2496·0	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2494·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2492·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2491·0	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2488·9	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2487·0	1					
—	—	2484·9	1	—	—	—	—	—	—	2484·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2483·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2482·3	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2481·6	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2480·9	5					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2479·2	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	2478·65	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2477·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	2476·55	—	—	—					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2475·6	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2474·2	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2473·1	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2470·4	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2468·8	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2463·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2460·2	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2458·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2457·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2456·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2455·3	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2454·5	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2453·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2449·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2447·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2444·9	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5443·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2442·7	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2441·3	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2440·1	3					
—	—	2438·5	2	—	—	—	—	—	—	2438·8	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2436·9	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2432·8	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2430·5	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2430·1	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2429·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2425·4	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2424·6	2					

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2423·9	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2423·6	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2422·7	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2421·6	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2420·6	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2418·9	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2417·3	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2415·7	6					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2414·3	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2413·2	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2412·6	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2411·2	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2410·4	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2409·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2408·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2406·7	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2405·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2404·4	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2403·4	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2403·3	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2400·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2399·3	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2398·4	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2397·5	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2395·7	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2391·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2388·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2386·8	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2383·6	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2382·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2381·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3380·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2372·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2369·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2367·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2364·2	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2362·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2361·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2360·2	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2358·5	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2357·7	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2355·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2354·3	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2353·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2350·6	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2346·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2345·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2344·4	5					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2339·9	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2337·8	5					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2333·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2331·7	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2328·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2324·7	1					

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spectrum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spectrum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2319·5	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2318·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2317·6	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2316·5	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2315·0	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2314·0	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2309·4	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2307·5	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2305·8	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2302·1	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2300·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2300·3	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2295·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2293·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2292·2	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2290·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2289·9	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2288·8	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2287·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2285·8	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2284·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2283·3	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2282·6	5					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2275·3	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2275·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2272·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2269·8	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2268·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2267·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2265·2	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2263·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2257·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2256·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2255·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2254·4	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2252·4	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2251·5	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2249·4	1					
—	—	2246·6	3	—	—	—	—	—	—	2246·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2243·7	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2241·8	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2241·1	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2237·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2236·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2235·7	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2234·7	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2233·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2231·6	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2230·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2229·7	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2227·4	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2225·8	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2221·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2221·4	1					

Crookes				Kayser				Eder und Valenta								
«rothes» Argon-spectrum (erstes Spec trum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spec-trum)		«rothes» Argon-spectrum (erstes Spec-trum)		«blaues» Argon-spectrum (zweites Spec-trum)		reines I. Spectrum (rothes Argon-spectrum)		reines II. Spectrum (blaues Argon-spectrum)		Misch-spectrum des I. und II. Spectrums		weisses III. Spectrum, 20 *mm* Druck, Ölcondensator		Anmerkungen zu III, weisses Spectrum
λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	λ	*i*	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2219·9	4					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2219·0	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2216·3	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2211·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2210·5	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2205·8	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2195·6	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2191·7	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2191·4	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2190·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2187·3	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2185·5	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2181·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2175·6	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2174·7	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2171·5	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2165·8	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2164·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2162·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2159·3	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2154·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2153·3	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2151·2	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2130·6	3					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2129·5	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2126·7	2					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2120·0	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2116·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2106·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2103·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2092·1	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2078·3	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2077·2	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2063·9	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2057·6	1					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2050·5	1					

Bemerkungen zu unseren Tabellen.

In unseren Tabellen legen wir die Resultate unserer Messungen der drei typischen Argonspectren, sowie eines der Mischspectren nieder. Es sind dies die Spectrallinien, welche in der hell leuchtenden Capillare auftreten. Die beigegebenen Zahlen von Crookes und Kayser erleichtern die Vergleichung der Beobachtungsresultate. Die gute Dispersion unseres Gitterapparates hat zur Folge, dass mannigfache Liniengruppen besser aufgelöst und manche von Crookes als einfach geführte Linie als charakteristische Doppellinie erkannt wurde. Das letztere gilt von den Doppellinien im «rothen» Argonspectrum:

$$\left\{\begin{matrix}5889\\5883\end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix}5559\cdot 9\\5559\cdot 0\end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix}4191\\4190\end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix}3949\\3947\end{matrix}\right\} \text{ etc., s. Tabelle;}$$

im «blauen» Argonspectrum:

$$\left\{\begin{matrix}4401\\4400\end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix}4371\\4370\end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix}4228\\4227\end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix}4072\cdot 58\\4072\cdot 18\end{matrix}\right\} \text{ etc., s. Tabelle.}$$

Wir ermittelten die charakteristische Linienvertheilung im ersten und zweiten Spectrum und bemerken, dass in den Bezirken von $\lambda = 4333$ bis 4331 keine coïncidierende gemeinsame Hauptlinie ($\lambda = 4333$) vorkommt, wie Crookes irrthümlich annimmt, sondern benachbarte Liniengruppen verschiedener Wellenlänge. Ähnliches ist im Bezirke $\lambda = 4046$ bis 3948 der Fall, ferner bei $\lambda = 4044$ im ersten Argonspectrum und bei $\lambda = 4043$ im zweiten Argonspectrum, welche völlig verschiedene Hauptlinien beiderlei Spectren sind und nicht coïncidieren, während Crookes eine coïncidierende Linie, $\lambda = 4044$, annimmt und auch bei der Doppellinie des ersten Argonspectrums $\lambda = \begin{Bmatrix} 3949 \\ 3947 \end{Bmatrix}$ und der Doppellinie des zweiten Argonspectrums $\lambda = \begin{Bmatrix} 3946 \\ 3944 \end{Bmatrix}$, welche Crookes als eine einzige starke coïncidierende Linie ($\lambda = 3948$) annimmt etc. Die Crookes'sche Linie $\lambda = 4422{\cdot}5$ (10) wurde in dieser Intensität im blauen Argonspectrum weder von uns noch von Kayser beobachtet, sondern nur als schwache Linie erhalten.

Die Crookes'sche Linie des ersten Argonspectrums $\lambda = 3904{\cdot}5$, von welcher Kayser sagt, dass sie bei ihm fehle, ist nach unserer Ansicht mit der von uns gemessenen Linie $\lambda = 3900{\cdot}04$ identisch, denn wir beobachteten dieselbe mit der ziemlich grossen Intensität (4); da jedoch diese Linie im zweiten Spectrum eine benachbarte Linie $\lambda = 3907{\cdot}80$ findet und im Mischspectrum beide auftreten, so hat Crookes wahrscheinlich die Mitte mit $\lambda = 3904$ gemessen. In ähnlicher Weise dürfte die von Crookes mit $\lambda = 5746$ als intensive Linie des ersten Spectrums angegebene Linie, welche Kayser nicht auffinden konnte, auf eine ungenaue Messung derselben, von uns mit $\lambda = 5739{\cdot}87$ bestimmten Linie zurückzuführen sein, denn diese Linie ist die hellste in diesem Bezirke. Prof. Kayser erwähnt, dass er die Crookes'sche Linie des zweiten Spectrums $\lambda = 4938$ ($i = 10$) nicht finden konnte; wir beobachteten an dieser Stelle zwei ziemlich helle Linien: $\lambda = 4943{\cdot}17$ ($i = 4$) und $4933{\cdot}49$ ($i = 6$), welche bei Anwendung grosser Condensatoren an Helligkeit gewinnt und im rothen Spectrum zurücktritt (s. unsere Tabelle).

Wahrscheinlich hat Crookes diese beiden benachbarten Linien für eine einzige gehalten und den Mittelwert approximativ mit $\lambda = 4938$ angegeben, welche Verwechslung allerdings bei Anwendung von Gitterspectrographen kaum möglich ist.

Die beigegebenen heliographischen Tafeln, welche Facsimile unserer photographischen Bilder sind, dürften eine wesentliche Erleichterung für das weitere Studium des Argonspectrums abgeben und einen willkommenen Behelf zur Identificierung dieses Spectrums bilden. Sie illustrieren insbesonders gut die von uns wiederholt betonten Schwankungen des Argonspectrums, welche die Vermuthung bestärken, dass das Argon kein einfacher Körper, sondern ein Gemisch von mindestens zwei Elementen sei. Wir glauben, dass aus unserer Arbeit Andeutungen zu entnehmen sind, welche den Liniengruppen der einen oder der anderen hypothetischen Componente angehören könnten.

Nachtrag.

Nachdem wir unsere vorliegende Arbeit: «Spectralanylische Untersuchung des Argons», am 11. Juni 1896 der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien überreicht hatten, ersuchte uns Herr Professor Dr. Max Bamberger, ein von ihm in den Gasausströmungen einer Quelle in Perchtoldsdorf bei Wien abgeschiedenes Gas, welches vermuthlich Argon war, auf spectralanalytischem Wege zu prüfen. Nachdem wir dieses Gas mit Sicherheit als Argon erkannt hatten, stellten wir Herrn Dr. Bamberger das Resultat unserer Untersuchungen in folgendem Wortlaute zur Verfügung; unsere Mittheilung wurde in der Abhandlung Dr. Bamberger's: «Über den Nachweis von Argon in dem Gase einer Quelle in Perchtoldsdorf bei Wien» (Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. der Wissensch. in Wien, math.-naturw. Classe, Bd. CV, Abth. II, 6. Juli 1896) zum Abdrucke gebracht.

Sie lautet:

«Das von Herrn Dr. Bamberger aus den Gasen einer Quelle in Perchtoldsdorf abgeschiedene Gas, welches vermuthlich aus Argon bestand, wurde durch das gastechnische Institut von Goetze in Leipzig in Plücker'sche Röhren gefüllt, nachdem es mit Phosphorpentoxyd nochmals sorgfältig getrocknet worden war.

Der Druck, bei welchem die Füllung der Plücker'schen Röhren erfolgte, war nach unseren Angaben = 0·1, 1, 2, 2·5, 5 und 10 *mm*; die Röhren hatten eine für die Beobachtung der Capillare in Longitudinalrichtung geeignete Form.

Bei der Untersuchung des fraglichen Gases wurde nach jenen Grundsätzen vorgegangen, welche wir in unserer Abhandlung «Spectralanalytische Untersuchung des Argons» zur Identificierung des Argons aufgestellt hatten.

Zunächst wurde der Flaschenfunke eines grossen Inductoriums durch eine Röhre von 2 *mm* Druck geleitet. Es zeigte sich anfangs ein orangegelbes Glimmlicht und die Capillare zeigte deutlich das Bandenspectrum des Stickstoffes, sowie Spuren von Quecksilberlinien. Nach einigen Minuten begann das Stickstoffspectrum zu verblassen und nach einigen Stunden waren nur Spuren desselben zu bemerken; auch die Hg-Linien verschwanden, die Capillare zeigte nunmehr die charakteristische Linie des «blauen» Argonspectrums im sichtbaren Theile des Spectrums in reinem Zustande. Beim Ausschalten der Flasche änderte sich die blaue Farbe der Capillare in die für das andere Argonspectrum eigenthümliche rothe, und im Spectroskope konnte der hiermit verbundene Linienwechsel beobachtet werden. Es wurde nun daran gegangen, sowohl das erste, als das zweite Spectrum mittelst des Concav-Gitterspectrographen zu potographieren, um die Argonlinien sicher ausmessen zu können. Als zu diesem Zwecke der elektrische Strom verstärkt wurde, trat eine Änderung des Capillarlichtes ein und das Verhalten der Argonröhren änderte sich auch in der Weise, dass beim Ausschalten der Leydenerflasche die Farbe der Capillare blau blieb und nicht mehr in die rothe übergieng. Dies Verhalten, welches mit dem Zurücktreten des Argonspectrums verbunden ist, beobachteten wir schon bei unseren früheren Untersuchungen, falls nicht ganz reines Argon vorliegt. Es waren nämlich die fremden Gase (N, H, Hg) von den Aluminium-Elektroden absorbiert, aber beim späteren stärkeren Erhitzen (Glühen) beim Eintritt starken Stromes wieder abgegeben. Erst wenn die elektrische Verdampfung der Eelektroden und Ablagerung des Aluminiums an den benachbarten Röhrentheilen so bedeutend ist, dass in diesen Theilen die Absorption der fremden Gase allmählich erfolgt, so bleiben die Argonröhren constant, es tritt der Wechsel vom «blauen» in das «rothe» Spectrum regelmässig und dauernd auf und dann erst kann an die Fetstellung des Argonspectrums mittelst des Spectrographen gegangen werden.

Auch bei den vorliegenden Röhren wurde dieser Vorgang eingehalten.

Nunmehr wurde die photographische Aufnahme des Argonspectrums vom Bezirk $\lambda = 4806$ bis $\lambda = 3307$ auf Bromsilbergelatineplatten vorgenommen, weil, wie wir (a. a. O.) nachgewiesen haben, dieser Bezirk besonders geeignet zur Identificierung des Argons ist. Es ergab sich nach einer 10 Minuten andauernden Belichtung (unter Anwendung eines Quarzcondensors mit gekreuzten Cylinderlinsen aus Bergkrystall) ein wohl definiertes Bild des Argonspectrums, welches mit einem von uns — gelegentlich unserer Untersuchungen über die verschiedenen Spectren des Argons — photographierten Spectrum von reinem, von Lord Rayleigh uns freundlichst übersendeten Argon verglichen wurde.

In ähnlicher Weise wurden mit den Röhren von 0·1, 1, 5 und 10 *mm* Druck Vorversuche gemacht, wobei sich jedoch die Schwierigkeit ergab, dass sich aus den Röhren von höherem Drucke nur sehr langsam das Stickstoffspectrum durch das Hindurchschlagen des Funkens zurückdrängen liess. Aus diesem Grunde wurde eine Reihe der definitiven Messungen an probeweise gewählten charakteristischen Linien an einem gut gereinigten 2 *mm*-Rohre vorgenommen, deren Resultate in nachfolgender Tabelle mitgetheilt sind.

I. Wellenlängen des «rothen» (ersten) Argonspectrums, welche zur Identificierung des Argons an einigen charakteristischen Linien gemessen wurden.

λ = 4628·60 AE.	λ = { 4200·75 AE.	λ = 3850·70 AE.
4545·26	{ 4198·40	3834·83
4522·49	4158·65	3729·52
4510·90	4104·10	3606·67
4272·29	3949·08	3588·63
4259·50	3947·75	3491·71

II. Wellenlängen des «blauen» (zweiten) Argonspectrums, welche zur Identificierung des Argons an einigen charakteristischen Linien gemessen wurden.

λ = 4806·17 AE.	λ = { 4371·51 AE.	λ = 3850·70 AE.
4765·04	{ 4370·92	3781·07
4736·03	{ 4332·20	3729·52
4727·00	{ 4331·31	3622·31
4658·04	4300·18	3588·63
4609·73	4277·65	3546·03
4590·05	4266·44	3545·78
4579·53	4158·65	3491·71
4545·26	4131·95	3476·96
4481·99	4104·10	3388·65
{ 4431·16	4072·18	3351·10
{ 4430·35	4013·97	3307·37
{ 4401·19	3968·54	
{ 4400·25	3868·68	

Hieraus geht hervor, dass eine vollkommene Übereinstimmung der in beiden Tabellen angeführten Linien des Dr. Bamberger'schen Argons mit dem von uns festgestellten Normalspectrum des Lord Rayleigh'schen Argons herrscht. Ausser den hier angeführten und genauer präcisierten Argonlinien coïncidierten auch die anderen Linien auf den photographischen Versuchsplatten beiderlei Spectren und es waren in dem gereinigten Versuchsrohre keinerlei fremde Spectrallinien anderer Gase vorhanden».

Absorptionsspectra der Nitro- und Amidokörper.

Von

J. M. Eder.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 20. Mai 1897.)

Die Absorptionsspectra wurden mittelst eines Krüss'schen Spectralapparates (mit einem Prisma von Leichtflint) beobachtet, wobei in Anbetracht der grossen Durchlässigkeit der verwendeten Glaskörper für Blau und Violett die Absorptionsbänder auch in diesen Bezirken gut beobachtet werden konnten.

Um jedoch die Absorption in den stärker brechbaren Bezirken an der Grenze des Ultraviolett, wo das Auge nur unsichere Beobachtung zu liefern vermag, sicherzustellen, wurden mittelst eines Spectrographen Photographien der Absorptionsspectra hergestellt. Die Resultate sind in der üblichen Art und Weise in der Form von Absorptionscurven auf Tafel XIII, Fig. 1 bis 9 dargestellt. Die obere Curve in den einzelnen Figuren bezieht sich auf die Absorption der concentrierteren, die untere auf jene der verdünnteren Lösung. Bemerkenswert ist der Umstand, dass sämmtliche Nitroderivate eine namhafte Absorption gegen den stärker brechbaren Theil des Spectrums aufweisen.

Die Absorptionscurve des Pseudonitroanthragallols, Fig. 3, in alkoholischer Lösung zeigte in entsprechend verdünnter Lösung zwei Absorptionsmaxima, eines nächst D im Gelbgrün, ein zweites im Blau.

Bemerkenswert ist das Absorptionsspectrum des β-Nitroanthragallols, Fig. 5, in wässeriger, mit wenig Ätzkali versetzter Lösung. Die rein smaragdgrüne Lösung zeigt bei entsprechender Concentration eine ziemlich gleichmässige Absorption von Roth bis Gelb, andererseits von Blaugrün bis Ultraviolett, so dass ein ziemlich eng begrenztes smaragdgrünes Band im Spectrum bemerkbar ist; bei stärkerer Verdünnung jedoch tritt Durchlässigkeit im Orangeroth auf.

α-Nitroanthragallol, Fig. 7, in Alkohol gelöst, zeigt bei grösserer Verdünnung eine sprungweise ansteigende Absorptionscurve gegen Violett.

Am auffallendsten jedoch sind die Absorptionsspectra der Amidoproducte, Fig. 8, welche drei Absorptionsstreifen, im Gelbgrün, Grün und Hellblau, zeigen, jedoch, wie dies bei derartigen Farbstoffen häufig der Fall ist, bei stärkerer Concentration in ein geschlossenes Band zusammenfliessen; die Amidoproducte, welche aus α- und β-Nitroanthragallol, sowie das aus der schmierigen Mutterlauge von β-Nitroanthragallol gewonnene zeigen die erwähnten drei Absorptionsstreifen genau an derselben Stelle, wie durch mehrfache Coïncidenzversuche dieser Absorptionsstreifen sichergestellt wurde, jedoch scheint die relative Stärke dieser drei Streifen nicht in allen Fällen vollkommen dieselbe zu sein, obgleich sie sehr ähnlich ist.

Die wässerige Lösung von β-Amidoanthragallol, Fig. 9, zeigt gleichfalls getrennte Absorptionsstreifen, jedoch nicht so deutlich, wie dies in der alkoholischen Lösung beobachtet werden konnte, vielmehr erscheinen nur bei grösserer Verdünnung zwei Absorptionsstreifen, im Grün und Blaugrün, welche eine andere Lage im Spectrum besitzen, als dies bei der Anwendung einer alkoholischen Lösung der Fall ist. In der alkoholischen Lösung ist die ganze Absorption weiter gegen die rothe Seite des Spectrums verschoben, während sie in der wässerigen Lösung etwas weiter gegen das stärker brechbare Ende des Spectrums zu liegt.

In ähnlicher Weise ist das Absorptionsband der Lösung von β-Nitroanthragallol in concentrierter Schwefelsäure, Fig. 6, weiter gegen Roth zu verschoben als das Absorptionsband der alkoholischen Lösung, ohne dass jedoch eine wesentliche Änderung des Aussehens der Absorptionsstreifen bei frisch hergestellter Lösung zu bemerken wäre, was übrigens, ebenso wie die hier nicht speciell erörterten Absorptionsspectra, unmittelbar aus der in Fig. 1 bis 9 gegebenen, graphischen Darstellung hervorgeht.

Regierungsrath Prof. v. Perger hatte die Güte, die Nitro- und Amidoverbindungen auf die Färbekraft zu untersuchen und theilte uns darüber mit, dass diese Farbstoffe sich gleich den übrigen Alizarinfarbstoffen verhalten, das heisst gefärbte Metall-Lacke bilden. Die Farbtöne, welche die Nitroverbindungen auf Kattun, der mit Aluminium- und Eisenbeizen vorgedruckt ist, hervorrufen, sind lichtbraun.

Die Färbungen der drei Nitroverbindungen sind nicht wesentlich von einander zu unterscheiden; β-Nitroanthragallol zeigt die relativ intensivste, Pseudonitroanthragallol die schwächste Färbung bei gleichem quantitativen Ausfärben.

Die beiden Amidoproducte färben die aluminiumgebeizte Ware rothviolett und zwar β-Amidoanthragallol intensiver als das α-Amidoproduct. Eisenbeizen werden grauviolett.

Gegen Seife (0·1%ige Lösung von Marseiller Seife) erwiesen sich die Proben bei 60° C. als echt.

Das Amidoderivat und die Nitroverbindungen wurden auf gebeizter Wolle gefärbt, zu welchem Zwecke Schafwolle mit Kaliumbichromat und Weinstein, Aluminiumsulfat und Weinstein, Eisensulfat, Aluminiumsulfat und Weinstein in bekannter Weise gebeizt wurde. Die derart vorbereiteten und gewaschenen Gewebe wurden mit je 6% Farbstoff (vom Gewichte der Ware) gefärbt.

	Aluminiumlacke	Chromlacke	Eisenaluminiumlacke
β-Amidoderivat färbt	violett	violett	dunkelviolettbraun
β-Nitroanthragallol färbt . .	dunkelbraun	dunkelgrünbraun	dunkelbraun

Die Farbtöne des Amidoderivates zeichnen sich durch die violette Nuance aus, welche durch Eisenverbindungen wesentlich zu Braunviolett geändert wird. Die Farbenintensität ist eine bedeutende, ebenso die Wasch- und Seifenechtheit.

Nach dem Verfahren der Erzeugung von Türkischroth erhielt man mit dem Amidoderivat violette seifenechte Färbungen, welche auch die Verwendbarkeit des Farbstoffes nach dieser Richtung erwiesen.

Nitroverbindungen des Anthragallols.

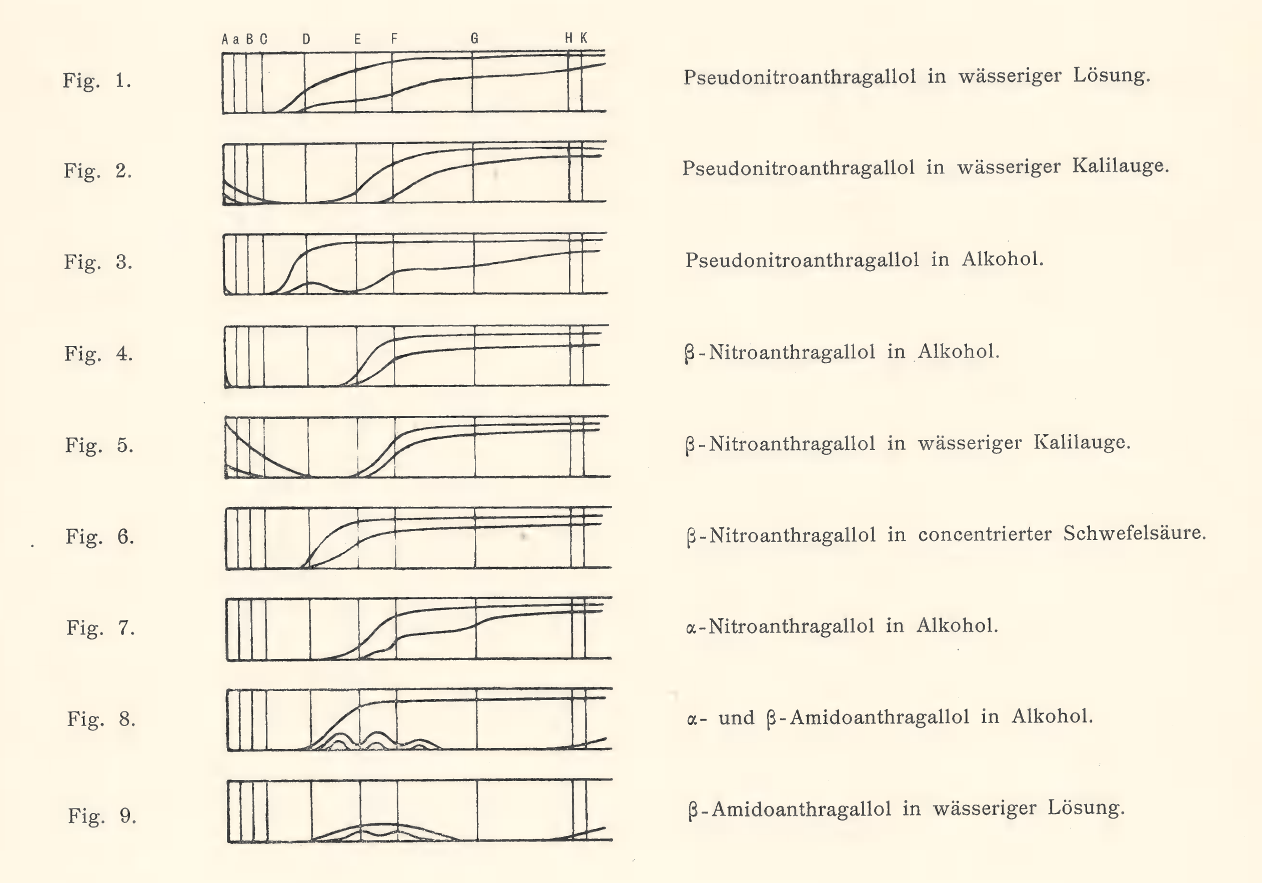


Fig. 1. Pseudonitroanthragallol in wässeriger Lösung.

Fig. 2. Pseudonitroanthragallol in wässeriger Kalilauge.

Fig. 3. Pseudonitroanthragallol in Alkohol.

Fig. 4. β-Nitroanthragallol in Alkohol.

Fig. 5. β-Nitroanthragallol in wässeriger Kalilauge.

Fig. 6. β-Nitroanthragallol in concentrierter Schwefelsäure.

Fig. 7. α-Nitroanthragallol in Alkohol.

Fig. 8. α- und β-Amidoanthragallol in Alkohol.

Fig. 9. β-Amidoanthragallol in wässeriger Lösung.

Druck der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien.



Das Linienspectrum des Siliciums.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 13. Jänner 1898.)

Wir haben uns in einer früheren Abhandlung[1]) mit dem Studium der Wellenlängen der Linien im Emissionsspectrum des Siliciums von Violett bis zum äussersten Ultraviolett beschäftigt. Zur Aufnahme der betreffenden Spectren haben wir uns damals eines Quarzspectrographen mit einem Prisma bedient und daher Spectren erhalten, welche naturgemäss im weniger brechbaren Theile eine verhältnismässig geringe Dispersion zeigten. Da wir mittlerweile einen grossen Gitterspectrographen aufgestellt hatten, gingen wir daran, die mit dem Quarzspectrographen früher erhaltenen Resultate einer Revision zu unterziehen.

Unterdessen waren von Rowland eine Anzahl vorzüglicher «Standards» veröffentlicht worden, welche wir im Vereine mit den von Kayser gemessenen Eisenlinien und den von uns bestimmten Kupferlinien bei dieser Arbeit als Leitspectrum benützten; dadurch waren wir in die Lage gesetzt, die Wellenlängen der Siliciumlinien mit grösster Genauigkeit zu bestimmen. Zunächst überzeugten wir uns von der Coïncidenz der im Bogen auftretenden, von Rowland gemessenen Siliciumhauptlinien mit den im Funkenspectrum auftretenden. Die Rowland'sche Linie $\lambda = 2263 \cdot 507$ konnten wir allerdings im Funkenspectrum des Siliciums nicht finden, dagegen constatierten wir das Vorhandensein der von uns bereits geführten Hauptlinie $\lambda = 2542$ (richtiger $\lambda = 2541 \cdot 89$), sowie einer Anzahl von verbreiterten violetten und schwachen ultravioletten Linien. Einige sehr schwache Linien des Siliciumspectrums konnten jedoch nur mit dem Quarzapparate erhalten werden, nicht aber mit dem Gitter, was sich aus der weitaus grösseren Lichtstärke des ersteren Apparates erklärt.

Zur Erzeugung des Siliciumspectrums diente uns eine Legierung von Silicium und Kupfer und eine solche von Magnesium und Silicium. Mit diesen Legierungen, welche als Elektroden verwendet wurden, erhielten wir unter Benützung eines kräftigen Flaschenfunkens dieselben Linien, wie bei Verwendung von Kohle oder Zinkelektroden, auf welche während des Überspringens der Funken Siliciumchlorid tropfen gelassen wird. Auch bei Benützung von Elektroden aus elementarem Silicium wurden dieselben Resultate erhalten. Wir betonen nochmals, dass die charakteristischen Liniengruppen, welche sich durch grosse Schärfe auszeichnen, im äussersten Ultraviolett liegen, so dass eine Identificierung von Silicium auf spectroskopischem Wege mittelst des Quarzspectrographen zwar leicht durchgeführt werden kann, aber mittelst eines Glasspectrographen nur schwer möglich ist.

---

[1]) Vergl. pag. 75 dieser Abhandlungen.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate unserer neueren Messungen, auf Rowland'sche Normal-Linien bezogen. Dieselben erstrecken sich von $\lambda = 4431$ bis ins äusserste Ultraviolett.

Eder Valenta	Intensität[1]		Eder Valenta	Intensität		Eder Valenta	Intensität	
4131·0	4	verbreitert (4131·0 und 4128·2)	2677·4	1		2452·22	3	
4128·2	4		2673·3	1		2446·0	3	
3905·80	3		2659·0	1		2443·46	2	
3862·75	3	verbreitert (3862·75 und 3856·20)	2631·39	8	Hauptlinie	2438·86	2	
3856·20	3		2568·8	2		2435·25	8	Hauptlinie
3854·00	1	verbreitert, undeutlich	2541·89	8	Hauptlinie	2356·9	1	
3834·4	1		2534·7	1		2303·3	1	
3826·7	1		2533·2	4		2219·5	1	
3795·9	2		2528·60	8	besonders charakteristische Liniengruppe (2528·60 bis 2506·99)	2218·15	1	
3791·1	1		2524·21	8		2216·76	4	charakteristische Liniengruppe (2216·76 bis 2208·1)
3191·1	1		2519·30	8		2211·8	3	
3086·8	1		2516·21	10		2210·9	3	
2987·77	4		2514·42	7		2208·1	3	
2881·70	10	Hauptlinie	2506·99	8		2122·8	2	Hauptlinie
2689·8	1		2479·8	1		1929·0	1	

[1]) In dieser Tabelle sind die stärksten Linien mit 10, die schwächsten mit 1 bezeichnet.

Die Spectren des Schwefels.

Von

J. M. Eder und **E. Valenta.**

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 3. März 1898.)

Das Schwefelspectrum ist trotz der vielen älteren Arbeiten über diesen Gegenstand in seinen Einzelheiten so gut wie unbekannt. Es ist eines der compliciertesten Spectren. Das Linienspectrum des Schwefels weist zahlreiche Hauptlinien auf, welche den Nachweis des Schwefels in Dämpfen ermöglichen, sobald deren Lage hinlänglich genau festgestellt ist, was jedoch bis jetzt nicht der Fall war. Andererseits zeigt das Bandenspectrum einen so übermässigen Reichthum an dicht neben einander gelagerten Linien, dass sich diese «Banden» im prismatischen Spectrum überhaupt nicht auflösen lassen und selbst in den Spectrumphotogrammen, welche wir mit unserem früher beschriebenen Gitterspectrographen mit kurzem Focus, der ein sehr gutes Definierungsvermögen besitzt, erhielten, erscheinen die vielen Tausende von Schwefellinien so dicht in den einzelnen Theilen des Spectrums zusammengedrängt, s. Tafel XVI, Fig. 1, dass wir auf den Versuch verzichteten, die Spectralanalyse des Schwefels damit auszuführen.

Wir unterbrachen diese vor mehreren Jahren begonnene Arbeit und nahmen dieselbe erst wieder auf, als wir im Besitze eines schon vor geraumer Zeit bestellten grossen Rowland'schen Concavgitters von Breasher in Alleghany waren, welches unter einem Dutzend von solchen Gittern von Professor Rowland selbst ausgesucht worden war. Dieses Gitter ist von hervorragender Leistungsfähigkeit, es besitzt einen Krümmungsradius von 15 englischen Fuss (4 *m* 59 *cm*) und enthält auf den englischen Zoll 13000 Linien. Die Definition dieses Gitters ist eine vorzügliche und ist zu bemerken, dass dasselbe vollkommen frei von sogenannten «Gespenstern» ist, welche Erscheinungen auf den Spectrumphotogrammen oft recht unangenehm werden können. Sowohl das Spectrum erster, als auch jenes zweiter Ordnung ist von grosser Helligkeit; die nachstehend beschriebenen Messungen wurden an dem Spectrum zweiter Ordnung durchgeführt und es sind dieser Abhandlung auch heliographische Abbildungen der von uns hergestellen Spectrumphotographien beigegeben.

Die Justierung des Apparates erfolgte mit grosser Sorgfalt, die Montierung des Gitters ist dieselbe, wie wir sie bei Besprechung unseres kleinen Gitterapparates seinerzeit in diesen Abhandlungen[1]) beschrieben haben. Vor Jahresfrist war die Aufstellung fertig geworden und wir konnten an die vorliegend beschriebene Untersuchung gehen, welche mit Schwierigkeiten verbunden war. Diese lagen hauptsächlich in der Nothwendigkeit, das Schwefelspectrum etwa eine Stunde bei constanter Temperatur und Leucht-

[1]) Vergl. pag. 161 dieser Abhandlungen.

kraft der Röhren zu exponieren. Um dies durchzuführen, muss die Destillation des Schwefels im Vacuumrohre, während der Funke durchschlägt, so geleitet werden, dass sich der dem Spalt gegenüber befindliche Theil des Rohres nicht mit Schwefel beschlägt. Dabei gehen sehr viele Röhren zugrunde, ehe der Versuch beendigt ist, so dass die Herstellung einer guten Aufnahme sehr viel Zeit, Geduld und Mühe erfordert.

Wir massen mehrere Tausend Linien, und zwar das Linienspectrum an zwei bis vier Spectrumphotographien in jedem Bezirke, das Bandenspectrum aber nur mit je einmaliger Ablesung, wobei hie und da kleinere Zonen der Controle halber doppelt gemessen wurden.

Die Messungen wurden mittelst des Messapparates ausgeführt; die Benützung des Projectionsapparates zum Ausmessen der Linien haben wir vermieden.

So gelang es uns, die Spectren des Schwefels im reinen Zustande vollkommen auszumessen, wobei sich die älteren Arbeiten nur zum Theile mit unseren Messungen übereinstimmend erwiesen, während wir andere, frühere Angaben nicht bestätigen konnten, wie wir näher ausführen werden.

Das Entstehen des Linienspectrums im Schwefeldampfe beobachtete zuerst J. M. Seguin[1]). Derselbe verdampfte Schwefel in einer Wasserstoffatmosphäre und liess durch das Gasgemisch den Funken schlagen. Er beobachtete dabei ein Linienspectrum mit einer rothen, drei starken grünen, einer blaugrünen, zwei blauen und zwei violetten Linien, welche gegen das stärker brechbare Ende cannelliert erscheinen. Die drei grünen Hauptlinien beobachtete er auch beim Durchschlagen des Funkens durch Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxyd.

Die Existenz zweier verschiedener Spectren des Schwefels wurde von Plücker und Hittorf[2]) entdeckt; sie beschrieben das Spectrum erster und zweiter Ordnung (Banden und Linienspectrum) des Schwefels in ihrer Abhandlung «On the spectra of ignited gases and vapours» und erwähnten, dass diese Spectren am vollständigsten ausgebildet in Vacuumröhren unter dem Einflusse der Entladung des Ruhmkorff'schen Inductoriums entstehen, und zwar ohne Leydenerflaschen (Spectrum erster Ordnung), oder mit Leydenerflaschen (Spectrum zweiter Ordnung). Im sichtbaren Theile des Bandenspectrums beobachteten sie 37 Banden, von denen 7 im Roth bis Gelb (bis zur Fraunhofer'schen Linie *D*), 18 zwischen Gelb und Blau (H_β), 11 zwischen Blau und Violett und eine im Violett gelegen waren. Beim stärkeren Erhitzen des Rohres mischen sich Linien des Spectrums zweiter Ordnung bei, dieses selbst kommt aber nur beim Einschalten von Leydenerflaschen rein hervor.

Bei mässig erhitztem Rohre ist das Linienspectrum nur im gelben, grünen und blauen Theile deutlich erkennbar. Beim stärkeren Erhitzen aber steigt die Helligkeit des Rohres und es treten die rothen, orangegelben und die Linien im violetten Theile des Spectrums hell hervor. Dieses Spectrum, sowie das zweite Schwefelspectrum, sind nach Plücker's und Hittorf's Zeichnungen in Taf. XIV, Fig. 4 und 5 abgebildet.

Der allgemeine Anblick der beiden Schwefelspectren ist, wie wir uns durch Beobachtungen mit einem kleinen Spectroskope (2 bis 3 Prismen) überzeugten, durch diese Figuren sehr gut wiedergegeben, obschon das Bandenspectrum in Wirklichkeit einen viel complicierteren Bau hat, als man nach diesen und anderen älteren Angaben vermuthen würde.

Auch J. Angström beschäftigte sich gelegentlich einer Controverse mit Wüllner betreffs des «dritten Wasserstoffspectrums» mit dem Spectrum des Schwefels, von welchem er der Ansicht war, dass es im Wasserstoffspectrum als Unreinigkeit auftreten könne. Er stellte deshalb Wellenlängenmessungen im Linienspectrum an, aber diese waren in Anbetracht des von ihm angewandten Prismenspectralapparates trotz aller angewandten Sorgfalt sehr unvollkommen, so dass seine Angaben der Wellenlängen nicht genau erscheinen. Dies zeigt der Vergleich mit den von uns nachfolgend mitgetheilten Messungen, aus welchen klar hervorgeht, dass zum Beispiel die von uns gemessenen Liniengruppen $\lambda = 5647$, 5645, 5640·5

---

[1]) Note sur les spectres du phosphore et du soufre (Compt. rend., 1861, Bd. LIII, pag. 1272).
[2]) Philosoph. Transact., 1864, Bd. CLV.

und 5640·2 bei Angström[1]) als eine einzige Linie geführt werden ($\lambda = 5645$), ferner erscheinen die Linien 5616 und 5606 bei Angström als einfache Linie ($\lambda = 5613$) die charakteristischen Hauptdoppellinien $\lambda = 5433$ und 5428 als eine einzige Linie ($\lambda = 5432$) u. s. w.

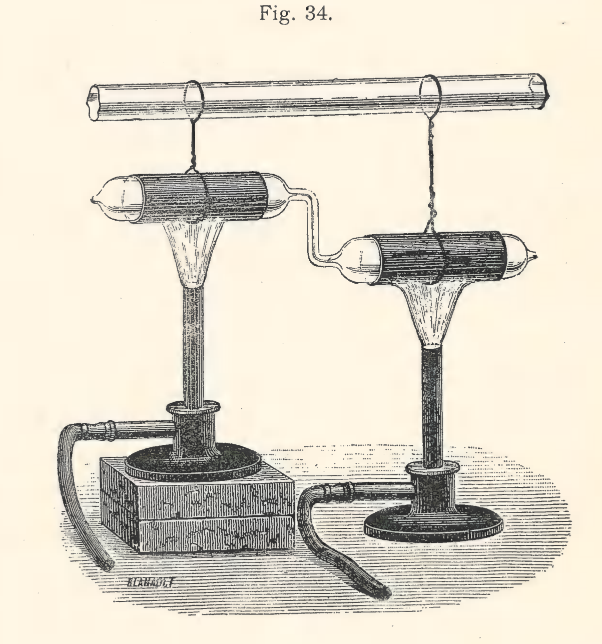
Sehr interessant ist die von ihm gemachte Beobachtung über den Einfluss eines starken Magnetes auf das Gasspectrum, wenn sich die Röhre zwischen den Polen befand.

Er fand, dass der durch Elektrolyse erhaltene Wasserstoff (aus Schwefelsäure) die beiden Plücker'schen Wasserstoffspectren gab, dass aber, wenn sich das Rohr zwischen den Polen eines Magneten befand, die Schwefellinien hervortraten. Auch das Kohlenwasserstoffspectrum ändert sich bei dieser Behandlung der Röhren, wie er beobachtete, und es tritt das Wasserstoffspectrum zurück.

A. Ditte[2]) liess durch Dämpfe von Chlorschwefel den Flaschenfunken schlagen und beobachtete ein Bandenspectrum, welches er auch mit Chlorselen etc. erhielt und das er dem Chlor zuschrieb, während neben diesem Spectrum die von ihm nicht gemessenen Linien des Schwefels, respective Selens und Tellurs auftreten.

In der Folge beschäftigte sich G. Salet in mehreren Abhandlungen mit dem Banden- und Linienspectrum des Schwefels, sowie sie in Plücker'schen Röhren und im Flammenspectrum des brennenden Schwefels unter gewissen Bedingungen auftraten. Er gibt auch schematische Zeichnungen der von ihm beobachteten Spectren, welche wir in Fig. 1, 2 und 3 der Tafel XIV genau reproducieren.

Fig. 34.



Salet beschreibt in seiner ersten Abhandlung[3]) zwei Spectren des Schwefels und zwar 1. ein Linienspectrum, welches im starken Flaschenfunken entsteht und 2. ein Bandenspectrum, das sich bei elektrischen Entladungen von geringer Tension und ferner in der Flamme des im Wasserstoff verbrennenden Schwefels bildet; es tritt auch weniger scharf im Absorptionsspectrum des Schwefeldampfes auf. Salet schloss den Schwefel in eine Plücker'sche Röhre ohne Metallelektroden ein (Fig. 34), welche an Stelle von solchen in das Innere des Rohres reichenden Elektroden an den Enden des Rohres befindliche Metallhülsen besass. Er erhitzte mit einer Lampe, um den Schwefel zum Verdampfen zu bringen und schaltete die Messinghülsen zwischen die Pole einer Holtz'schen Influenzmaschine. Die Röhre leuchtete ebenso intensiv, als wenn sie mit in das Innere gehenden Elektroden versehen worden wäre.

Salet füllte ziemlich viel Schwefel in die Röhre, destillierte ihn ab und verdrängte auf diese Weise Luft und fremde Gase so vollkommen, dass durch die zugeschmolzene und erkaltete Röhre kein Funke mehr durchschlägt. Er fand folgende Wellenlängen:

$\lambda = 590$	$\lambda = 564$	$\lambda = 544$	$\lambda = 522$ (stark)	$\lambda = 498$	$\lambda = 479$	$\lambda = 462$	$\lambda = 434·5$
581	560	538	515	492	475	453·5	431·5
577	554	532	508·5	487·5	470	448 (stark)	418
570	548 (stark)	526 (stark)	504·5	483	467	445	406

[1]) Compt. rend., 1871, Bd. LXXIII, pag. 372.
[2]) Compt. rend., 1871, Bd. LXXIII. pag. 622.
[3]) Compt. rend., 1871, Bd. LXXIII. pag. 559.

Das Spectrum des im Wasserstoff brennenden Schwefels erzeugte Salet in der Weise, dass er Wasserstoff, welcher eine geringe Menge Schwefeldioxyd enthält, entzündete und die Flamme gegen eine senkrecht herabfallende Wasserschichte richtete (s. später), wodurch sie abgekühlt wird und ein hübsches Spectrum gibt, welches dem vorigen einigermassen ähnlich ist. Die von Salet gemessenen Wellenlängen für das Flammenspectrum waren:

$\lambda = 550$	$\lambda = 483$	$\lambda = 453·5$	$\lambda = 416$
515	479	448	408·5
509	476	444·5 (stark)	404
504	475 (stark)	438·5	396
498 (stark)	467	431·5 (stark)	
492 (stark)	462	429 (stark)	
487·5	457·5 (stark)	419	

ferner gibt Salet für das Absorptionsspectrum des Schwefels die Banden $\lambda = 471$, 465, 462, 456, 445 und 437 an. In späteren Abhandlungen kam Salet wiederholt auf das Spectrum des Schwefels zurück[1]) und gab die erste ausführliche Mittheilung über seine Messungen des Linien- und Bandenspectrums des Schwefels in seiner Dissertation[2]). Lockyer[3]) erhielt gleichfalls das von Salet beschriebene cannellirte Absorptionsspectrum des Schwefeldampfes.

Auch Gasselberg[4]) mass die Linien des Schwefelspectrums, dessen Entstehen er bei Verwendung von gewissen Glassorten in stark evacuierten Röhren beobachtete, wobei das Glas schwefelhältig wird und beim Durchschlagen eines kräftigen Funkens ein (allerdings unreines) Schwefelspectrum (Linienspectrum) ergab. Ein Vergleich dieses Schwefelspectrums mit jenem von Plücker und Hittorf zeigt, dass letzteres linienreicher ist, also wahrscheinlich bei höherer Temperatur, grösserem Drucke und stärkerem Funken erhalten worden war.

Nach Ciamician[5]) soll das Linienspectrum des Schwefels bei höherem Drucke keine Verbreiterung erfahren, sondern sollen die Linien völlig scharf bleiben, eine Angabe, welcher wir auf Grund unserer Beobachtungen widersprechen müssen, was in dieser Abhandlung noch näher erörtert werden soll.

A. de Gramont beschreibt in einer Abhandlung über die Funkenspectren einiger Mineralien (Sulfide) die Spectralerscheinungen, welche gut leitende Mineralien (Bleiglanz, Pyrit, Calcopyrit, Zinkblende, Realgar etc.) zwischen den Elektroden eines Inductoriums eingeschaltet, gaben[6]). Er erhielt neben den Hauptlinien der Metalle, welche zur Charakteristik der Mineralien gehören, stets schöne Schwefelspectren, welche vollständiger und intensiver als die Spectren der Metalle selbst auftraten. Er benützte diese Methode zur spectroskopischen Mineralanalyse im sichtbaren Theile des Spectrums.

Eigene Versuche.

Anfangs versuchten wir die Versuchsanordnung Salet's (s. pag. 271, Fig. 34) zur Herstellung des Schwefelspectrums zu verwenden. Der Erfolg entsprach aber keineswegs unseren Erwartungen, denn die Erwärmung war eine ungleichmässige, der Dampfdruck im Innern des Rohres infolge dessen ebenfalls variabel und die Linien des Spectrums änderten infolge dessen während einer Spectrumaufnahme

[1]) In den Compt. rend., 1872, Bd. LXXIV, pag. 865, bemerkt Salet bezüglich einer Abhandlung von Gerner «Über das Absorptionsspectrum des Schwefeldampfes», dass er (Salet) dies bereits früher beschrieben habe.

[2]) George Salet: «Thèses presentées à la faculté des Sciences Paris sur les spectres métalloides», 1872.

[3]) Lockyer sur les spectres des vapeurs aux temperatures élevées. Compt. rend., 1874, Bd. LXXVIII, pag. 1790.

[4]) Bull. de l'académie de St. Pétersbourg, 1880, Bd. II, pag. 307; Kayser: «Spectralanalyse», 1883, pag. 320. Ames machte später die analoge Bemerkung bezüglich Auftretens des Schwefelspectrums in Plücker'schen Röhren.

[5]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. LXXVIII, 1878.

[6]) Compt. rend., Mai 1894, I. Semester, Bd. CXVIII, No. 11, pag. 591; ferner Compt. rend., 1896, 8. Juni.

Zeichnungen von Spectren des Schwefels.

(Photozinkotypie und Lichtdruck nach den Originalzeichnungen Salet's, Plücker's und Hittorf's.)

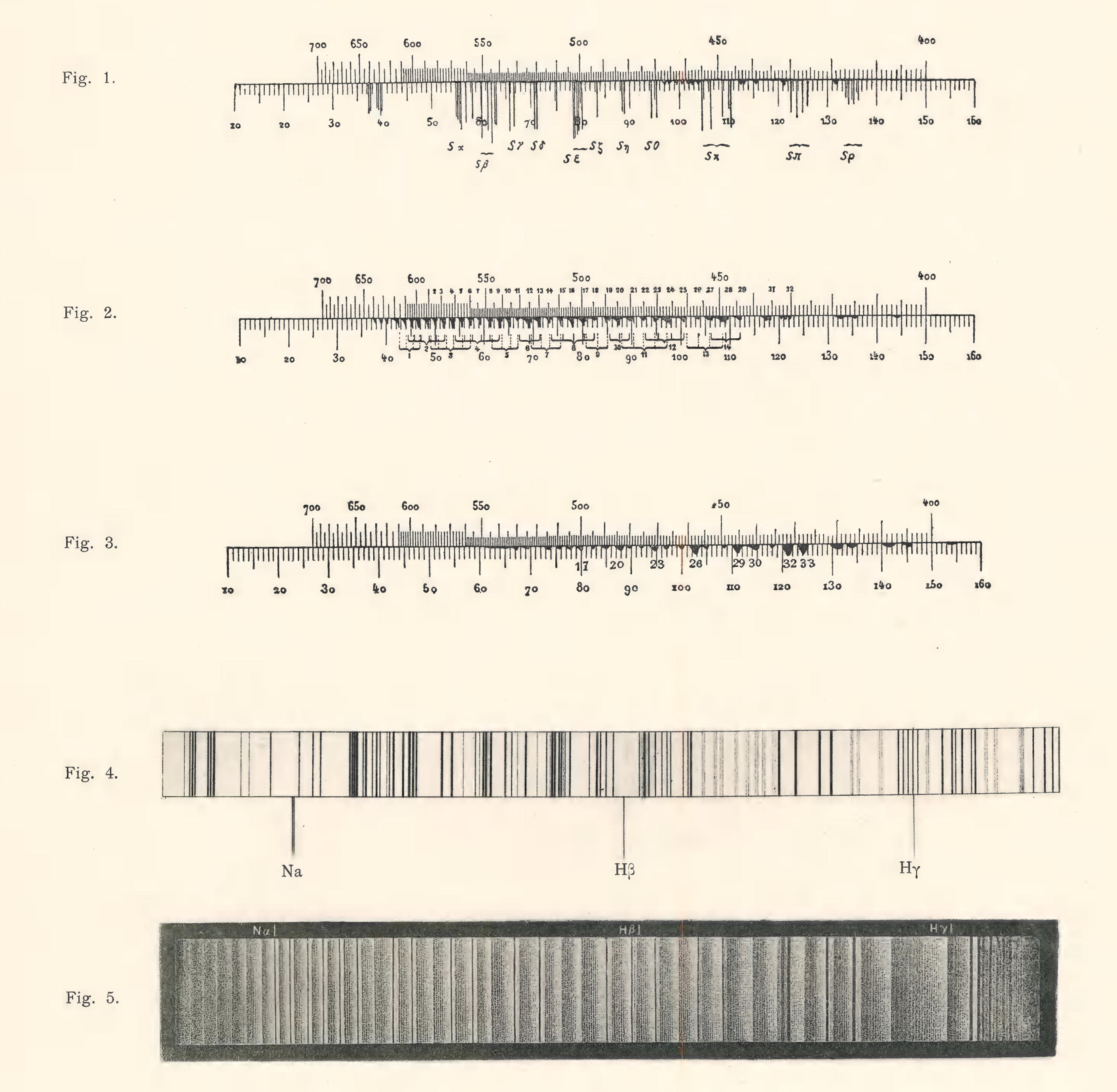


Fig. 1. Linienspectrum des Schwefels (nach G. Salet). — Fig. 2. Bandenspectrum des Schwefels (nach G. Salet). — Fig. 3. Flammenspectrum des Schwefels (nach G. Salet). — Fig. 4. Linienspectrum des Schwefels (nach J. Plücker und J. W. Hittorf). — Fig. 5. Bandenspectrum des Schwefels (nach J. Plücker und J. W. Hittorf).



ihre Helligkeit, wurden bald breiter, bald schmäler etc. Wir waren daher mit dieser Anordnung nicht imstande, die auftretenden Spectralphänomene zu verfolgen.

Nach mehrfachen Versuchen fanden wir, dass Röhren mit eingeschmolzenen Platinelektroden (da Aluminiumelektroden leicht abschmelzen) die besten Resultate ergaben. Die Form der von uns benützten Röhren war eine ähnliche, wie jene, welche wir zur Herstellung der verschiedenen Quecksilberspectren seinerzeit benützten [1]).

Die Röhren wurden im erweiterten birnförmigen Theile des Rohres mit Schwefel beschickt, evacuiert und an der Luftpumpe erwärmt, bis der Schwefel zu destillieren begann, worauf dieselben abgeschmolzen wurden. Die so hergestellten Vacuumröhren zeigten sich völlig frei von Luft, Wasserstoff, Kohlenwasserstoffen etc. und ist das Vacuum derselben bei gewöhnlicher Temperatur ein derartiges, dass der Funke nicht durchschlägt.

Die zur Erzielung eines Schwefelspectrums nöthige Erwärmung der Röhren nahmen wir in einem zu diesem Zwecke eigens construierten Luftbade vor, welches ein in der Längsaxe der Röhren senkrecht zu dieser angebrachtes Aluminiumfenster besass, wodurch die Beobachtung des Lichtes in der Capillare möglich war, ohne dass eine locale Abkühlung des erhitzten Schwefelrohres eintreten konnte. Sobald die Schwefelröhre eine Temperatur von 60 bis 70° C. besitzt, ensteht genügend Schwefeldampf. Der Funke schlägt durch das Rohr und das Capillarrohr leuchtet bläulichweiss. Die Helligkeit ist eine mässige und es entsteht, sobald kein Flaschenfunke verwendet wird, das Bandenspectrum des Schwefels.

Bei weiterer Erwärmung wird die Helligkeit des Capillarrohres eine weit grössere, sie wächst bei weisser werdender Farbe des Lichtes, bis endlich die Capillare in blendend weissem Lichte erglänzt. Die günstigste Temperatur hiefür ist bei 100 bis 150° C. gelegen; man kann aber das Rohr über 200° C. erhitzen und immer tritt noch dasselbe Bandenspectrum auf, ohne dass die unzähligen feinen Linien desselben eine Verbreiterung erfahren würden; bei höherer Temperatur scheint sich ein continuierliches Spectrum zuzugesellen, auch mengen sich einige Linien, welche dem Linienspectrum angehören, dem Bandenspectrum bei und es entstehen Mischspectren.

Die Expositionszeit zur Aufnahme derartiger Bandenspectren des Schwefels betrug je nach der Helligkeit des Capillarlichtes 5 Minuten bis 2 Stunden.

Das Linienspectrum des Schwefels.

Das in Plücker'schen Röhren auftretende Bandenspectrum des Schwefels geht sofort in das Linienspectrum über, wenn man die secundäre Wickelung des Inductoriums mit einer bis zwei grossen Leydenerflaschen verbindet. Schon mit einem Taschenspectroskope kann man diese Änderung deutlich erkennen und die Gegenüberstellung der Plücker-Hittorf'schen Originalzeichnungen (s. Facsimile-Reproduction, Taf. XIV, Fig. 4 und 5) gibt in der That ein übersichtliches Bild davon, gestattet jedoch keine Erkenntnis von Einzelheiten.

Wir photographierten das Linienspectrum bei verschiedenen Temperaturen, respective Dampfdruck [2]), und konnten auf diese Weise unter Verwendung unseres grossen Concavgitters die Entwickelungsstadien des Entstehens dieses Spectrums genau verfolgen.

Die günstigste Temperatur zur Entstehung eines scharfen Linienspectrums liegt nach unseren Versuchen bei 100 bis 140° C. Bei allzu niedriger Temperatur, also sehr kleinem Dampfdrucke und Verwendung eines schwächeren Flaschenfunkens, ist dem Linienspectrum stets das Bandenspectrum beigemengt.

---

[1]) Vergl. pag. 128 dieser Abhandlungen.

[2]) Bei dieser Versuchsreihe war stets überschüssiger Schwefel im Rohre, so dass sich ein der jeweiligen Temperatur entsprechender Dampfdruck einstellte.

Beim Erwärmen des Rohres im Luftbade auf ungefähr 100 bis 110° ist das Linienspectrum mit ziemlich grosser Schärfe ausgebildet und die Linien zeigen kaum nachweisliche Verbreiterungserscheinungen. Ebenso werden die Linien scharf, wenn man eine Destillation im Rohre einleitet, indem man das eine Ende, in dem sich der Schwefel befindet, langsam erwärmt, bis der Flaschenfunke durchschlägt und das andere Ende kalt erhält, so dass dort die Condensation des Schwefeldampfes erfolgt. Auch wenn nur wenig Schwefel im Rohre ist (minimale Spuren) und dieses stärker erhitzt wird, tritt keine Verbreiterung der Linien des Schwefelspectrums auf. Bei stärkerem Erhitzen der mit überschüssigem Schwefel beschickten Vacuumröhre (160 bis 200°), also entsprechend erhöhtem Dampfdrucke, wird die Farbe des Lichtes in der Capillare weisser und dieses heller, ohne aber die Helligkeit der Lichterscheinung, welche ohne Leydenerflasche auftritt, zu erreichen. Im Ultraviolett steigt die Zahl der auftretenden Linien und deren Intensität; merkwürdiger Weise verbreitern sich viele Linien theils einseitig, theils beiderseitig, während andere vollkommen scharf bleiben. Viele der bei 100° C. auftretenden Hauptlinien werden gegen 200° sehr stark verbreitert, bleiben aber sehr hell und werden daher für die Ocularbeobachtung noch auffallender und scheinbar hervortretender. Bei 180 bis 200° C. treten zahlreiche Linien neu auf, und zwar theils als scharfe, theils als verschwommene Typen. Man darf jedoch keinesfalls glauben, dass alle Schwefellinien bei höherer Temperatur gleichmässig heller werden; in einzelnen Fällen sind Linien bei 100° C. heller als bei 200° C., während andere intensiver werden, so dass ein Schwanken des Aussehens der Liniengruppen bemerkbar ist. Wir beobachteten jedoch, dass das allmähliche Zurücktreten gewisser Schwefellinien bei steigender Temperatur mit rasch fortschreitenden Verbreiterungserscheinungen innig verknüpft ist, weil die verbreiterten Linien zu breiten Schatten werden und sich dann der Beobachtung entziehen. Bei einer Temperatur von über 220° C. ist es schon schwierig, den Flaschenfunken durch die mit Schwefeldampf gefüllten Röhren zu schicken, weil der innere Widerstand der Röhren bereits zu gross wird. Bei dieser Temperatur erscheinen die Verbreiterungserscheinungen sehr ausgebildet. Der Funke wird bei höheren Temperaturen dünner, fadenförmig und unten verästelt.

In unseren ganz aus Glas gefertigten Schwefelröhren konnten wir nur die Wirkung bis $\lambda > 3200$ beobachten; allerdings ist das Glas noch für Licht von kürzerer Wellenlänge durchlässig; wenn also das Schwefelspectrum dort nicht mehr stark auf die photographische Platte wirkte, so dürfte der Grund darin liegen, dass es entweder dort lichtärmer wird, oder, was wahrscheinlicher ist, dass die Schwefeldämpfe allzu stark absorbierend auf die ultravioletten Strahlen einwirken und daher den Austritt derselben aus dem Rohre hindern. Charakteristische, auffallende Liniengruppen im Linienspectrum des Schwefels sind im Hellblau die einzeln stehende Linie 4716, die nahe beisammen stehenden Linien 4549 und 4552 im Indigoblau, die Hauptlinien 4464 und die Liniengruppe 4285, 4282, 4278, 4269, 4267·9, 4267·2, 4253; ganz besonders aber die hervorragendste Gruppe im photographischen Spectrum, die violette Gruppe 4189, 4174, 4162, 4153, 4145, 4142, dann die Doppellinien 4028·9 und 4032·9 und schliesslich am Beginne des Ultraviolett die Hauptgruppen $\lambda = 3933, 3932, 3928, 3923$.

Diese Gruppen von Hauptlinien im Blau und Violett sind bei allen Druckverhältnissen, welche wir in den Kreis unserer Untersuchungen zogen, nachweislich gewesen, jedoch mit variablen Verbreiterungserscheinungen im Sinne unserer obigen Ausführungen. Taf. XVI, Fig. 3a, zeigt einen Theil dieses Bezirkes, und zwar an der Grenze der beginnenden starken Verbreiterung; die daneben photographierten Linien des Eisenfunkenspectrums[1]) geben zugleich einen Masstab für die Grösse dieser Verbreiterung, während Taf. XVI, Fig. 2a, einen anderen Bezirk desselben Spectrums mit scharfen Linien (bei niedrigerem Dampfdrucke) vergleichsweise zur Anschauung bringt. Um ein ganz klares Bild des Schwefel-

[1]) Spectrumphotographien des Eisenfunkens auf unserer Tafel sind theilweise ohne Glasfilter photographiert und enthalten dann natürlich neben den Linien zweiter Ordnung auch solche dritter Ordnung eingelagert, weil wir ein dichteres Netz von Normallinien zu erzielen wünschten; die Schwefelspectren aber sind reine Spectren zweiter Ordnung, aus welchen die dritte Ordnung abfiltriert ist.

spectrums in seinen verschiedenen Verbreiterungen zu geben, ist in Taf. XVI, Fig. 1a, das Linienspectrum des Schwefels neben das Bandenspectrum bei niederer Temperatur gestellt und daneben das durch seine scharfen Linien ausgezeichnete Argonspectrum[1]) photographiert. Daraus geht hervor, dass man das Linienspectrum des Schwefels mit nahezu derselben Schärfe erhalten kann, wie das Argonspectrum, obschon auch einzelne Schwefellinien auf dieser Tafel bereits Neigung zur Verbreiterung zeigen. Die drei Spectren wurden mit unserem kleinen Gitterspectrographen aufgenommen, um ein übersichtlicheres Bild zu geben. Taf. XVI, Fig. 2, zeigt das Linienspectrum gleichfalls im Stadium guter Schärfe, Fig. 3 dagegen zeigt einen anderen Bezirk im Zustande ziemlich starker Verbreiterungserscheinungen und Fig. 4, Taf. XVI, den ultravioletten Bezirk in einem Zustande, in dem ein Theil der Linien noch scharf, ein anderer bereits verändert ist.

Die beigegebenen Spectraltafeln enthalten Abbildungen des grünen, blauen und violetten Theiles, sowie des Anfanges vom Ultraviolett des Linienspectrums des Schwefels. Diese Theile schliessen aber nicht vollkommen aneinander an, sondern es fehlen den einzelnen Spectralfiguren kleine Stücke, deren Linien aber von uns aus anderen Spectrumphotographien gemessen und in den Tabellen der Wellenlängen angegeben sind. Andere Schwefellinien, welche der Verbreiterung bei steigendem Drucke besser widerstehen, sind $\lambda = 4464$, 4361, 4353, 4340, 4285, 4253, 3993, 3986, 3983, 3961, während zahlreiche starke Linien rasch eintretenden Verbreiterungserscheinungen unterliegen. Zugleich beobachteten wir, dass scharfe Doppellinien sich zu einer unscharfen Hauptlinie vereinigen; dies machte auf uns auf Grund unserer Aufnahmen den Eindruck, als ob eine neue einzelne Linie entstanden und nicht ein Ineinanderfliessen der Bänder zweier selbständig weiter bestehenden Linien eingetreten wäre. Wir wollen daher diese noch wenig studierten Phänomene näher beschreiben und an der Hand der heliographischen Abbildungen (Taf. XVI) erläutern.

Die Linien 4285 und 4253 verbreitern sich bei steigendem Drucke nur wenig und bleiben im früheren Intensitätsverhältnisse; 4267·9, welche bei niedrigem Drucke die Intensität 4 hatte, wird stark verbreitert und ihre Intensität wird $= 8$; bei $\lambda = 4267{\cdot}2$ war die Intensität bei niedrigem Drucke $= 5$, bei erhöhtem Drucke tritt eine starke Verbreiterung ein, die Linie wird lichtschwach und verschwimmt mit der Linie $\lambda = 4267{\cdot}9$, so dass diese bei oberflächlicher Betrachtung den Eindruck einer nach Violett verbreiterten einzelnen Linie macht. Solche Verhältnisse mögen oft Anomalien in der einseitigen Verbreiterung der Spectrallinien erklären. Die bei niedrigem Drucke scharfe Doppellinie bei $\lambda = 4485$ verschwindet bei stärkerem Drucke total und macht einer verbreiterten einfachen Linie Platz, wobei es aber den Eindruck macht, als ob eine neue selbständige Linie entstanden sei, da wir keinerlei Ränder oder Überreste der früheren Doppellinie mehr auffinden konnten. Die daneben befindliche Linie 4483·6 verbreitert sich ebenfalls, bekommt aber links und rechts anscheinend symmetrische bandförmige Schatten, welche bei $\lambda = 4483$ und 4482·8 liegen und ohne Zweifel selbständige Linien sind (ganz sicherlich aber keine «Gespenster»). Die Linie $\lambda = 4525{\cdot}1$ hat eine scharfe Linie zur Begleiterin, $\lambda = 4524{\cdot}8$, welche bei steigendem Drucke ganz verschwindet etc. Es wurde also bei steigendem Dampfdrucke im Rohre die unter dem Einflusse des Flaschenfunkens entstandene intermoleculare Bewegung beeinflusst; dies äussert sich vor Allem in starken Verbreiterungserscheinungen, aber auch, wie wir gezeigt haben, im Verschwinden und Neuauftreten von Linien; die überwiegende Anzahl der Linien bleibt aber an der alten Stelle, so dass man unbesorgt das Linienspectrum des Schwefels als charakterisiert erklären kann.

Die gemachten Beobachtungen haben also nicht so sehr für die Identificierung des Schwefels in Gasgemischen, als vielmehr für die genaue Kenntnis der inneren Molecularbewegung bei Spectralphänomenen Interesse. Unsere Tabellen der Wellenlängen beziehen sich auf das scharfe, beziehungsweise

[1]) Dasselbe ist reichlich exponiert und zeigt, da es mit dem Gitter von kurzem Focus aufgenommen wurde, stellenweise die Erscheinung der sogenannten «Gespenster».

ziemlich scharfe Spectrum vor Eintritt der Verbreiterungserscheinungen, denn nur auf diese Weise liessen sich scharfe Angaben der Wellenlängen erhalten, auf Grund deren ohne jede Schwierigkeit die verbreiterten Linien identificiert werden können.

Verschiebung von Spectrallinien im Schwefelspectrum bei geändertem Drucke.

Wir haben zuerst gelegentlich unserer Untersuchungen über das Argonspectrum nachgewiesen[1]), dass in Plücker'schen Röhren bei constantem Drucke lediglich durch Änderung der elektrischen Erregungsform zweifellos Änderungen der Wellenlängen gewisser Liniengruppen eintreten, welche sich durch Verschiebungen der Linien um eine gut messbare Grösse äussern.

Andere analoge Phänomene in Plücker'schen Röhren sind seither nicht bekannt geworden. Wir haben uns bemüht, bei unseren Untersuchungen über das Schwefelspectrum Bedingungen zu finden, unter denen analoge Verschiebungen erzwungen werden können, und dies gelang uns durch Vermehrung des Dampfdruckes im Schwefelrohre. Schlägt der mit 2 bis 3 grossen Leydenerflaschen verstärkte Funken eines Ruhmkorff'schen Inductoriums bei niedrigem Dampfdrucke durch das Schwefelrohr, so entstehen völlig scharfe Linienspectren, während bei allmählich steigendem Dampfdrucke Verbreiterungen, zunächst einiger Liniengruppen, auftreten und bei weiter gesteigertem Drucke die Verbreiterung der überwiegenden Anzahl von Linien des Schwefelspectrums eintritt, während eine kleinere Anzahl, wenn auch nicht ganz scharf, so doch nur mässig verbreitert bleibt.

Bei vielen jener stark verbreiterten Linien tritt eine Änderung der Wellenlänge ein; die Linien werden nach Roth zu verschoben und zwar erleiden sie eine Verschiebung um durchschnittlich 0·5 A. E. Wir haben dieses Verschiebungsphänomen, welches höchst bemerkenswert ist, photographisch fixiert und bringen einen Theil dieser Aufnahmen in Vergrösserung auf Taf. XV, Fig. 1, da unsere Angaben sonst vielleicht auf Zweifel stossen würden. Es sind daselbst zwei Schwefelspectren (Linienspectren) zur Coïncidenz photographiert worden und zwar das eine mit scharfen Linien bei niedrigem Drucke, das andere mit verbreiterten Linien bei erhöhtem Drucke. Es geht daraus hervor, dass einzelne Linien, zum Beispiele $\lambda = 4285$, 4253, unter diesen Verhältnissen keine Verschiebung (Änderung der Wellenlänge) erlitten haben, während die Linien $\lambda = 4294$, 4281, 4283, 4278, 4269, 4267·9, 4267·2 4259, 4257, 4231, 4217 u. a., eine sehr deutliche Verschiebung von circa 0·5 A. E. gegen Roth erlitten haben (s. Fig. 1 b der heliographischen Taf. XV nach photographischen Vergrösserungen der Original-Spectrumaufnahmen).

Dies zeigt die Aufnahme so deutlich, dass jeder Zweifel ausgeschlossen ist. Ferner erkennt man aus der Figur, dass mehrere früher kaum sichtbare Schwefellinien sich, wenn dieselben auch unscharf geworden sind, doch zu grösserer Helligkeit herausgebildet haben.

Wir legen dem theilweisen Auftreten der Verschiebungsphänomene im Spectrum eine grosse Bedeutung bei und glauben, dass jene Liniengruppen, welche sich der in Rede stehenden Vergrösserung der Wellenlängen leichter fügen als andere, welche schwierig oder nicht darauf eingehen, eine besondere Rolle in der intermolecularen Bewegung der Dämpfe des Schwefels spielen und vielleicht auf die Existenz beständigerer und weniger beständiger Componenten desselben hinweisen.

Bandenspectrum des Schwefels.

Das Bandenspectrum des Schwefels macht, wie erwähnt wurde, bei kleinerer Dispersion den Eindruck eines Spectrums, welches aus Banden mit verschiedenen Maximas besteht. Eine gute Über-

---

[1]) Denkschriften d. mathem.-naturw. Cl. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien, 1896, Bd. LXIV.

sicht über den Habitus dieses Spectrums bei mässiger Dispersion gibt uns die in Fig. 1, Taf. XVI enthaltene photographische Reproduction dieses Spectrums nach einer Aufnahme mit unserem kleinen Concavgitter. Neben demselben ist das Schwefellinienspectrum abgebildet, wobei auf den ersten Blick hervorgeht, dass die beiden Spectren miteinander nicht nur keine Ähnlichkeit, sondern nicht einmal gemeinsame Liniengruppen haben.

Das in Fig. 1 c derselben Tafel abgebildete Argonspectrum dient zur Orientierung. Fig. 5, Taf. XVI zeigt einen Theil des Bandenspectrums nach einer Photographie des Spectrums zweiter Ordnung, welches mit unserem grossen Concavgitter aufgenommen wurde und zwar den Bezirk von $\lambda = 4720$ bis $\lambda = 3940$. Dasselbe gibt die Details in dem complicierten Bau dieses Spectrums sehr gut wieder. Noch deutlicher erkennt man den Bau an der Vergrösserung dieses Spectrums, wie selbe in Fig. 3, Taf. XVI, abgebildet ist.

Um die Beziehungen unserer Messungen mit den alten Angaben (s. vorher) herzustellen, bemühten wir uns, die Lage der Maxima im Bandenspectrum approximativ zu schätzen und geben die Gegenüberstellung dieser Zahlen gegen jene von Salet. Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass das von uns untersuchte Spectrum wirklich mit dem von Salet beobachteten identisch ist.

Eder - Valenta	Salet	Eder - Valenta	Salet	Eder - Valenta	Salet	Eder - Valenta	Salet
5596	5594	5191	5192	4843	4842	4532	4521
5534	5529	5146	5144	4794	4787	4498	4480
5475	5470	5093	5089	4748	4746	4481	
5419	5416	5040	5037	4710	4706	4434	4435
5359	5354	5000	4990	4663	4651	4376	—
5310	5310	4936	4936	4610	4607	4359	4355
5253	5248	4893	4895	4565	4562		

Um das Bandenspectrum des Schwefels endgiltig, wenigstens in den photographisch wirksamen Bezirken, festzustellen, machten wir es vom Hellblau bis ins Ultraviolett ($\lambda = 3600$) und bestimmten die Wellenlängen von circa 10000 Linien. Es sind die fast durchwegs äusserst feinen scharfen Linien derart eng neben einander gelagert, dass man annehmen kann, dass über die ganze Ausdehnung des Bandenspectrums im sichtbaren und unsichtbaren Theile die Linien so dicht gelagert sind, dass auf einem Abstande, welcher der Natriumdoppellinie gleichkommt, durchschnittlich dreissig Linien sich befinden; würde man noch länger belichten, so kämen noch neue Linien heraus, und es würde selbst bei Verwendung eines Instrumentes von so grosser Dispersion, wie bei unserem grossen Gitterspectrographen, das Band geschlossen erscheinen. In dem Bandenspectrum finden sich keine abschattierten Nebel, sondern durchwegs Haufen von scharfen feinen Linien und es lassen sich keine hervorragenden Ruhepunkte oder hervorragende Hauptlinien constatieren, wie sie bei anderen linienreichen Spectren, wie zum Beispiel von Eisen, Platin, Kobalt, Nickel, unschwer sich finden lassen. Anschwellungen der Helligkeit des Spectrumbandes in zahlreiche Maximas finden sich wohl vor, doch sind dieselben weniger durch die Stärke der Linien, sondern zumeist durch deren grosse Anzahl auf demselben Raume bedingt. Präcise bestimmbare Kanten, welche anderen Bandenspectren ein charakteristisches Gepräge aufdrücken und die leichte Identificierung gestatten, wie zum Beispiel beim Bandenspectrum von Stickstoff, Quecksilber, Wasser, Ammoniak, Cyan etc., fehlen hier.

Wenn man trotzdem bei Ocularbeobachtungen mit kleinen Spectroskopen glaubt, gewisse Maxima ziffernmässig in Wellenlängen ausdrücken zu können, so gibt dies nur die subjective Empfindung wieder; die Ablesungen sind je nach dem Beobachter, dem Apparat, der Helligkeit der Spectren so sehr variabel, dass ihnen wenig Wert zukommt.

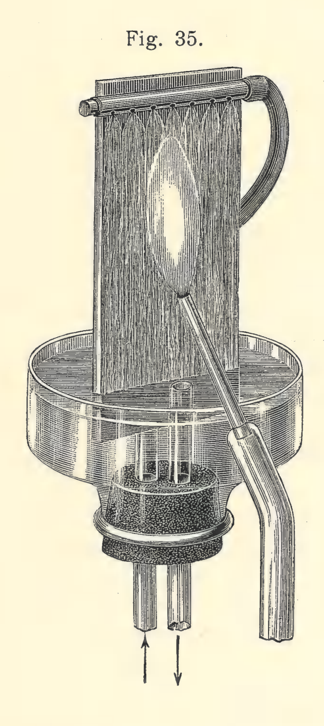
Wir versuchten mit einem Krüss'schen Spectralapparat mit einem Flintglasprisma von 60°, sowie mit einem Compoundprisma diese Maximas im Schwefelbandenspectrum zu bestimmen; andererseits verkleinerten wir unsere Spectrumphotographien, um die Maximas zu engeren, leichter bestimmbaren Streifen zusammenzudrängen, erhielten aber wenig übereinstimmende Resultate. Die Ocularablesungen stimmten so ziemlich mit den Salet'schen Ziffern überein; die mit den photographischen Verfahren erhaltenen geben nur im Blau eine beiläufige Übereinstimmung (s. vorher), im Violett giengen beide Ablesemethoden stets auseinander und im Ultraviolett wurden die Maxima so verworren, dass wir darauf verzichteten, sie abzulesen, jedoch gibt die heliographische Abbildung ein treues Bild der in Rede stehenden Spectralerscheinung.

Es fragt sich nun, ob die Linien des Linienspectrums des Schwefels auch im Bandenspectrum vorkommen? Dies muss insoferne verneint werden, als die Hauptlinien des ersteren Spectrums keineswegs irgendwie deutlich bemerkbar im letzteren auftauchen; es kann wohl sein, dass unter den vielen Tausenden der feinen Linien des Schwefelbandenspectrums Linien von annähernd derselben Wellenlänge vorkommen, vielleicht auch wirkliche Coïncidenzen, aber jedenfalls spielen diese Linien des Linienspectrums dann im Bandenspectrum eine derartige untergeordnete Rolle, ja sind kaum nachweisbar, dass man beide Arten von Spectren des Schwefels als selbständige charakteristische Typen bezeichnen muss.

Flammenspectrum.

Das Flammenspectrum des Schwefels ist als ein Bandenspectrum zu betrachten. Es wurde zuerst von Mulder[1]) beobachtet, indem er ein gläsernes Rohr mit einem Wasserstoffapparate in Verbindung brachte, welches in der Nähe der mit einer Platinspitze versehenen Mündung etwas Schwefel enthielt. Wird dieser erhitzt und der Wasserstoff entzündet, so erhält man eine Flamme, welche einen blauen Kern besitzt und ein bandenartiges, schwach unterbrochenes Spectrum liefert, «in welchem vorzugsweise drei violette Linien auffallen, die sehr breit sind, indem übrigens das Spectrum noch eine unzählige Menge von grünen, blauen und violetten Linien zeigt». Ähnlich wirkt Eintritt von Schwefelwasserstoff oder Schwefelkohlenstoff in die Wasserstoffflammen (jedoch darf nicht allzuviel Schwefelwasserstoff beitreten, sonst wird das Phänomen undeutlich).

Fig. 35.



H. W. Vogel[2]) erhielt das Bandenspectrum des Schwefels beim Verbrennen von Schwefelkohlenstoff, wenn in die Flamme Stickoxyd geblasen wurde. Das Flammenspectrum des schwefelhaltenden brennenden Wasserstoffes studierte Salet sehr sorgfältig, er zeigte, dass der blaue Innenkegel der Flamme zumeist ein continuierliches Spectrum gibt; das bandenartige Spectrum tritt erst dann auf, wenn man die Flamme stark abkühlt, indem man sie gegen ein, durch herabrieselndes Wasser gekühltes, Platinblech leitet (s. Fig. 35).

Beim Flammenspectrum des Schwefels sind die rothen Banden, welche sich beim Bandenspectrum des Schwefels im Geisslerrohre sehr hell zeigen, wenig oder nicht entwickelt, dagegen treten die bei geringer Dispersion deutlich erkennbaren in Gelb, Grün, dann sehr starke breite Streifen in Violett scheinbar scharf nach der violetten, verlaufend nach

---

[1]) Mulder: «Über die Spectra von Schwefel, Phosphor und Selen», Journ. pract. Chem., Bd. XCI, pag. 112.

[2]) Vogel experimentierte mit der sogenannten Selle'schen Lampe, welche ein sehr actinisches Licht liefert (s. Eder: «Ausführliches Handbuch der Photographie, 2. Aufl., Bd. I, I. Abth., pag. 532). Er beobachtete das cannelierte Bandenspectrum und beschrieb dies in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft, Bd. VII., pag. 1522.

der rothen Seite des Spectrums auf; besonders mehrere breite violette Streifen fallen durch ihre Helligkeit auf.

Wenn man nach Salet aus der Platinspitze eines gewöhnlichen Löthrohres eine Wasserstoffflamme brennen lässt und diese gegen Schwefelsäure, Krystalle von Ammoniumsulfat, Natriumsulfat, Alaun, Gyps (nicht aber Bariumsulfat), Sulfite, Hyposulfite und selbst gegen Glaubersalz haltige Gläser richtet, so färbt sie sich bläulich und gibt das Schwefelspectrum[1]). Man kann dies zum qualitativen Nachweis von Schwefel benützen, jedoch ist die Probe nicht besonders charakteristisch. Salet gibt eine Abbildung des Flammenspectrums, verglichen mit dem in Geissler'schen Röhren auftretenden Bandenspectrum (Fig. 4 und 5, Taf. XIV), welche für die allgemeine Orientierung genügt, aber nicht hinreicht, um die von Schuster angeregte Frage[2]) zu entscheiden, ob das Flammenspectrum ein Gemisch des Banden- und eines Verbindungsspectrums ist. Auch uns gelang die Entscheidung dieser Frage nicht, weil wir trotz unserer Bemühungen die Flammenerscheinungen nicht andauernd und hell genug hervorbringen konnten, um das Spectrum mittelst des grossen Concavgitters zu photographieren und weil die Ergebnisse der Aufnahme mit lichtstärkeren Apparaten kleinerer Dispersion zur Lösung der Frage nicht hinreichen. Wenn uns aber auch die Auflösung des Flammenspectrums in seinen Einzelnheiten nicht gelang, so können wir doch auf Grund der Ocularbeobachtung uns der Ansicht nicht verschliessen, dass dieses Spectrum seinem Wesen nach mit dem vorhin erwähnten Bandenspectrum übereinstimmt und daher als ein unvollkommen entwickeltes Bandenspectrum des Schwefels aufzufassen ist.

Compoundspectrum des Schwefels.

C. Runge und F. Paschen stellten Untersuchungen über ein eigenthümliches Spectrum des Schwefels an, welches dem sogenannten «Compoundspectrum» des Sauerstoffes (Wiedemann's «Annal. d. Phys. u. Chem.», 1897, Bd. LXI, pag. 642) analog ist.

Compoundlinienspectrum des Schwefels nach Runge und Paschen.

Wellenlängen	J	Wellenlängen	J	Wellenlängen	J
7242·00	2	6046·23	6	5449·99	3
6757·40	7	6042·17	5	5444·58	2
6749·06	6	5890·08	2	5381·19	4
6743·92	5	5883·74	2	5375·98	3
6538·82	1	5879·79	1	5372·82	2
6536·55	1	5706·44	8	5295·82	4
6415·68	4	5700·58	7	5290·89	4
6408·32	3	5697·02	6	5287·88	2
6403·70	2	5614·48	5	5279·19	6
6396·90	1	5608·87	4	5279·81	5
6395·10	1	5605·52	3	5278·31	3
6176·01	1	5507·20	5	4696·49	6
6173·77	1	5501·78	4	4695·69	8
6052·97	7	5498·38	3	4694·36	10

Das Compoundspectrum (Serienspectrum) des Schwefels entsteht nach Runge und Paschen in der Weise, dass eine mit Platinelektroden versehene Geissler'sche Röhre mit einem kolbenartigen Ende versehen wurde, in welchen Behälter Schwefelsäure gefüllt wurde. Die Röhre stand mit einem

---

[1]) Repertorium Brit. Assoc., 1880, pag. 272; H. Kayser: «Spectralanalyse», 1883, pag. 332.

[2]) Compt. rend., 1868; Poggend: Annal. Phys. u. Chem., Bd. CXXXVII; H. W. Vogel: «Spectralanalyse», 1889, pag. 302. Wasserstoff durch Schwefelammonium geleitet, gibt beim Anzünden ein continuierliches Spectrum, ebenso Schwefelkohlenstoff gemischt mit Wasserstoff (nach H. W. Vogel a. a. O.).

Apparate zur elektrolytischen Entwickelung von Sauerstoff in Verbindung. Die Schwefelsäure im Kolben wurde bis zum Sieden erhitzt, bis sich etwas Dampf in und vor der Capillare des Geisslerrohres condensiert hatte. Wenn man nun wartete, bis der gleichfalls entstandene Wasserdampf wieder absorbiert worden ist und während dessen Sauerstoff durch die Röhre streichen liess, so trat unmittelbar darnach das Serienspectrum des Schwefels im Geisslerrohre auf, daneben erschien das Compoundspectrum des Sauerstoffes und nach einiger Zeit das Wasserstoffspectrum. Die Hauptlinien des neuen Schwefelspectrums traten auf, wenn Schwefel in einer Röhre erhitzt und Sauerstoff zugeleitet wurde, ferner, wenn man Schwefeldioxyd einleitet. In beiden Fällen überwiegt das Bandenspectrum, und es scheint, fügen Runge und Paschen hinzu, dass das neue Spectrum nur bei Gegenwart von Sauerstoff auftritt.

Eine Schlussfolgerung über die Natur der Runge-Paschen'schen Compoundspectren, ob sie Linien des elementaren Spectrums des Schwefels enthalten oder nicht, war vor Beendigung unserer vorliegenden Arbeit unthunlich, weil eben das Schwefelspectrum nicht sichergestellt war. Auf Grund unserer Arbeiten aber können wir nunmehr ganz bestimmt sagen, dass die von uns beobachteten Spectren des elementaren Schwefels gar nichts mit dem «Compoundspectrum» des Schwefels gemeinsam haben und dass dieses letztere jedenfalls einer Sauerstoffverbindung des Schwefels zukommt.

Spectrum von Sulfiden.

Zur Untersuchung der Rolle, welche der mit Metallen verbundene Schwefel (Sulfidschwefel) im Funkenspectrum an der Luft spielt, stellten wir Stangen von Schwefelsilber her, welche die Elektricität gut leiteten und schöne grüne Funken gaben. In diesen lassen sich selbst mit Spectroskopen kleinerer Dispersion (namentlich in der Aureole) deutlich die charakteristischen Hauptlinien des Schwefels wahrnehmen. Auch im Ultraviolett erhält man unter diesen Verhältnissen deutlich (neben den Metall- und Luftlinien) die Linien des Funkenspectrums des Schwefels und zwar ziemlich scharf mit mässigen Verbreiterungserscheinungen vom Aussehen der Luftlinien geringer Schärfe. Dieses Spectrum ist wohl nicht ganz identisch mit dem Spectrum des Schwefels in Vacuumröhren, stimmt jedoch im Wesentlichen damit überein.

Tabelle I.

Linienspectrum des Schwefels.

Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)			Angström	Hasselberg	Plücker und Hittorf	Salet
—	—		—	—	6579	—
—	—		—	—	6454	—
—	—		—	—	6421	—
6400	—	von uns gesehen, aber nicht genauer bestimmt	—	—	6404	6400
6390	—		—	—	6390	6390
6325	—		—	—	6321	6325
6310	—		—	—	6309	6310
6290	—		—	—	6290	6290
—	—		—	—	6152	—
—	—		—	—	6111	—
—	—		—	—	6009	—
—	—		—	—	5866	—
5819·543	2		—	—	5810	—
—	—		—	—	5780	—
5665·123	4		5671	—	5667	5670
5662·741	1	verschwommen	—	—	—	—
5660·289	6		—	5659·7	5657	5660
5648·565	1		—	—	5650	5655

Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)			Angström	Hasselberg	Plücker und Hittorf	Salet
5647·296	8		5645	—	—	5647
5645·920	2	verschwommen	—	—	—	—
5640·535 }	4		—	—	—	—
5640·257 }	8		—	5639·3	5641	—
5616·844	4		} 5613	—	5618	—
5606·349	8			5603	5609	5610
5579·327	6		—	—	5584	—
5565·097	8		—	5561·3	5568	5570
5559·129	1		—	—	—	—
5556·141	4	verbreitert	—	—	5558	—
5536·968	3		—	—	5532	—
5526·458	5	„	—	—	—	—
5520·749	3		—	—	5522	—
5518·968	3	verschwommen	—	5516·9	} 5508	5510
5509·799	10		—	5507·3		
5478·589	2	„	—	—	—	—
5477·649	1		—	—	—	5477
5475·209	2		—	—	—	—
5473·791	8		5474	—	—	—
5468·565	1		—	5470·5	5473	—
5454·000	10		5451	5451·0	5452	5455
5434·737	2		—	—	—	—
5432·994	10		5432	5438·1	5438	5432
5428·907	9		—	5429·7	5425	—
—	—		—	—	—	—
—	—		—	5418·4	—	—
5401·035	3	„	—	5386·6	—	—
5345·832	8		5345	5341·7	5338	5350
5320·894	8		5322	5319·2	—	5320
—	—		—	—	5304	—
5233·187	1		—	—	5269	—
5230·040	1		—	—	5231	—
5227·406	1		—	—	—	—
5227·072	1		—	—	—	—
5220·872	1		—	5217·8	—	5220
5219·650	3		—	5214·4	5218	5217
5212·803	8		—	—	—	—
5207·482	2		5207	—	5207	—
5201·520 }	2		—	5200·1	—	—
5201·149 }	6		5191	—	5199	—
—	—		—	—	5191	5205
—	—		—	—	5182	—
5160·348	2		—	—	—	5160
5142·512	3		—	5142·5	5143	—
—	—		—	—	5141	—
—	—		—	—	5140	—
—	—		—	—	5124	—
5103·535	4		—	—	5110	—
			—	5102·9	5096	5103
5098·890	1		—	5078·3	} 5068	—
5051·874	1		—	—		
5047·499	3		—	5044·9	5044	—
5039·596	2		—	—	5036	—
5032·657	8		} 5027	5032·5	5030	5030
5027·408	4			—	5024	5024
5014·248	8		5013	} 5012·7	5013	5013
5011·815	3		—		—	—
5009·762	6		—	—	5004	5008
5007·010	1		—	—	5003	—
4993·733	3		4994	4993·9	5000	5000

Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)			Angström	Hasselberg	Plücker und Hittorf	Salet
4992·152	5		—	—	4990	4990
4942·649	2		—	4941·5	4942	—
4925·493	6		4926	4925·0	4924	4925
4924·269	5		—	—	4922	—
4917·410	4	verbreitert	—	4918·5	—	—
4902·656	2		—	4901·9	4902	—
4885·831	3		—	4884·5	4884	—
4824·353	2	verschwommen	—	—	4825	4825
4819·834	1		—	4815·6	4813	—
4811·967	4		—	4808·5	4804	4810
4792·333	2		—	4792·8	4791	—
—	—		—	4778·5	4777	—
—	—		—	4762·8	4768	—
—	—		—	4752·8	4762	—
—	—		—	—	4734	—
—	—		—	—	4723	—
4716·382	4		—	4714·9	4718	4715
—	—		—	—	4692	4690
4677·804	2		—	—	—	—
4668·738	2		—	—	4671	4670
4661·782	1	verbreitert nach Roth	—	—	—	—
4656·916	3	verschwommen	—	—	4657	4655
4651·043	1		—	—	—	—
4650·440	1		—	—	—	—
4649·328	3		—	—	—	—
4648·416	1		—	—	—	—
4647·614	1	„	—	—	—	—
4642·024	2	„	—	—	—	—
4639·024	1		—	—	4630	4630
4624·322	1	sehr verschwommen	—	—		
4613·618	1	„	—	—	4610	4610
4596·368	1	„	—	—	—	—
4591·285	1		—	—	—	—
4591·164	2		—	—	4593	4590
—	—		—	—	4580	4580
4562·118 }	2		—	—	} 4561	4560
4552·592 }	5		—	4551·5	} 4552	4556
4549·723	3		—	—	—	—
4525·159	6		—	4524·7	4523	4525
4524·817	2		—			
4504·370	3		—	—	—	—
4499·450 }	1		—	} —	—	—
4486·856 }	2		—	} —	—	—
4485·907	2		—	4485·1	4485	4485
4483·647	4		—	—	—	—
4481·661	1		—	—	—	—
4478·633	1		—	—	—	—
4465·329	1		—	—	—	—
4464·618	5		—	4464·0	4466	4467
4463·761	5	verbreitert nach Roth	—			
4456·584	2	„	—	—	—	—
4440·043 }	4		—	} —	—	—
4432·561 }	3		—	} —	4432	4435
4431·131	1	„	—	—	—	—
4418·982	2	„	—	—	4422	4425
4417·134	3		—	—	—	—
4415·052	4		—	—	—	—
4393·862	3		—	—	—	—
4392·012	2		—	—	4386	4390

Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)			Angström	Hasselberg	Plücker und Hittorf	Salet
4367·037	2		—	—	—	—
4364·873	4		—	—	—	—
4362·610	6		—	—	—	—
4361·671	5		—	—	4358	—
4360·625	1		—	—	—	—
4354·739	5		—	—	4350	—
4351·408	2		—	—	—	—
4349·551	3		—	—	—	—
4347·558	1		—	—	—	—
4345·637	1		—	—	—	—
4340·444	4		—	—	4343	—
4333·947	1		—	—	—	—
4332·852	5		—	—	4336	—
4330·798	1		—	—	4329	—
4319·762	1		—	—	—	—
4318·847	3		—	—	—	—
4317·299	2		—	—	4315	4315
4294·558	8	verbreitert nach Roth	—	—	4297	4295
4291·606	1		—	—	—	—
4285·133	8		—	—	4284	4282
4283·825	2		—	—	—	—
4283·318	1		—	—	—	—
4282·741	3		—	—	—	—
4278·670	3		—	—	4279	—
4269·942	4		—	—	4272	4269
4267·959	4		—	—	—	—
4267·255	6	mitunter umgekehrt	—	—	—	—
4259·408	2		—	—	4259	—
4257·603	3		—	—	—	—
4253·772	10	„	—	—	4255	4250
4250·150	1		—	—	—	—
4236·230	1		—	—	—	—
4231·182	4		—	—	4241	—
4227·590	2		—	—	4229	—
4221·810	2		—	—	—	—
4217·397	4		—	—	—	—
4193·667	2		—	—	4196	4192
4189·896	5	verbreitert gegen Roth	—	—	—	—
4186·120 }	1		—	—	—	—
4185·631 }	2		—	—	4181	4180
4178·992	2		—	—	—	—
4175·415	3		—	—	—	—
4174·471 }	7	„	—	—	—	—
4174·179 }	4		—	—	—	—
4168·554	4		—	—	4168	4162
4165·255	1		—	—	—	—
4165·127	3	„	—	—	—	—
4162·856	10	„	—	—	—	—
4162·539	2		—	—	—	—
4153·269	10	„	—	—	4158	4155
4149·068	2		—	—	—	—
4147·126	3		—	—	—	—
4145·266	10		—	—	4140	—
4144·027	1		—	—	—	—
4142·390	8	„	—	—	—	—
4133·041	1		—	—	—	—
4127·724	2		—	—	—	—
4119·377	3		—	—	—	—
4112·472 }	2	} in der Regel zusammengeflossen	—	—	—	—
4112·319 }	2		—	—	—	—

Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)			Angström	Hasselberg	Plücker und Hittorf	Salet
4111·670	5		—	—	—	—
4105·151	1		—	—	—	—
4099·607	3		—	—	—	—
4099·360	2		—	—	—	—
4095·288	2		—	—	—	—
4091·372	1		—	—	—	—
4076·024	4		—	—	—	—

Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)			Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)		
4072·252	3		3894·159	1	
4070·077	3		3892·759	2	bandartig verbreitert
4069·802	2		3882·366	3	
4064·634	3	verbreitert	3876·353	2	„
4050·328	2		3864·773	1	„
4032·956	4	verbreitert gegen Roth	3861·541	1	
4028·995	6		3860·833	3	verbreitert
4011·469	1		3853·280	3	„
4009·566	1		3851·312	3	verbreitert gegen Roth
4007·995	2		3847·319	2	
4006·700	1		3845·336	1	
4004·045	1		3842·502	2	verwaschenes Band
3999·026	3		3839·368	2	
3998·998	4	verbreitert gegen Ultraviolett	3838·440	10	
3998·127	3		3837·882	8	
3993·706	5		3831·980	4	
3991·144	4	verbreitert gegen Roth	3794·841	5	
3986·158	5		3783·543	2	stark verbreitert
3983·924	6		3779·030	4	
3982·893	1	„	3774·713	2	
3981·923	1		3760·030	2	
3980·002	4	„	3754·879	1	
3974·316	1		3750·927	3	
3973·341	4		3749·554	4	
3970·820	3	verbreitert	3748·039	5	
3970·640	3	„	3744·488	2	
3963·279	3	„	3727·457	3	verbreitert
3961·695	4		3717·864	8	mässig verbreitert
3959·468	1		3712·868	2	„
3959·189	2		3710·604	2	„
3954·457	2		3709·470	6	„
3950·866	1	verschwommen	3700·323	2	„
3947·326	2	„	3699·529	3	„
3945·059	1		3698·046	1	
3939·897	1	„	3696·373	3	bandförmig verbreitert
3933·650	3	verbreitert	3689·639	1	
3832·437	2		3680·671	1	
3932·104	3		3678·329	4	sehr verbreitert
3928·734	8		3672·436	3	
3923·788	3	stark verbreitert gegen Roth	3669·139	6	verbreitert
3920·997	2	„	3663·513	1	„
3919·550	3	„	3662·107	5	
3918·312	1	„	3656·715	3	
3912·149	3	„	3655·435	1	
3907·285	2	„	3654·669	1	
3899·501	2		3653·559	1	verschwommen

Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)			Eder und Valenta (Rowland'sche Einheiten)		
3638·267	2		3387·242	5	
3637·131	2		3385·986	2	verschwommen
3636·305	1		3377·300	1	
3632·144	8		3373·402	3	„
3626·508	3		3372·285	1	„
3622·892	2		3370·490	4	
3618·937	1		3369·624	3	
3617·086	4	bandartig verbreitert	3368·210	2	
3600·307	2	verschwommen	3367·306	4	
3596·152	3		3363·294	1	„
3594·575	3		3356·567	1	„
3567·382	2	„	3355·233	1	
3560·857	1	„	3344·216	2	„
3556·506	1	„	3341·612	4	
3549·920	2	verbreitert	3340·508	3	
3543·856	3	bandartig verbreitert	3330·924	1	
3540·416	3		3325·013	5	verbreitert
3499·566	1	„	3324·160	4	
3497·438	8		3317·205	2	
3483·140	1		3314·643	1	
3479·435	8	verbreitert	3308·953	3	
3474·061	6		3305·774	2	
3471·014	1	verschwommen	3301·806	1	sehr schwach
3390·354	3		3301·211	2	

Tabelle II.

Bandenspectrum des Schwefels.

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
6380			—	5596·444	4	bandenartig	
6320			—	5595·898	4	„	
6265			—	5595·505	1		
6165			—	5594·960	5	bandenartig, Mitte gemessen	
6100			—	5594·310	5	„	
6036			—	5593·864	5	scharf	
5967			—	5593·058	2	verbreitert, bandenartig	
5900			—	5592·649	1		
5838			—	5592·069	1		
5779			—	5591·683	4		5594
5712			—	5591·425	1		
5653			—	5590·694	3		
5601·812	3	verschwommenes Band	—	5590·292	3	verbreitert	
5601·411	5		—	5589·798	4		
5600·894	3		—	5588·813	2		
5600·669	3		—	5588·469	2		
5599·778	4		—	5588·075	3	„	
6599·477	4	bandenartig verbreitert	—	5587·408	1		
5598·916	4			5586·991	2		
5598·568	4			5586·526	2	„	—
5598·076	4			5586·168	2		—
5597·717	1		5594	5585·775	3		—
5597·376	4			5585·229	3		—
5597·169	2			5584·699	2		—
5596·836	1			5584·331	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5583·900	5	verbreitert, wahrscheinlich doppelt, Mitte gemessen	—
5582·913	1		—
5582·603	3		—
5582·183	1		—
5581·192	1	sehr schwach	—
5580·882	1		—
5580·506	3		—
5580·124	2		—
5579·536	1		—
5579·012	3		—
5578·871	3		—
5577·750	3		—
5577·424	3		—
5576·891	2	verbreitert	—
5576·356	1	vindiciert mit *fe*-Linie	—
5575·687	3		—
5575·244	3		—
5574·719	1		—
5574·437	3		—
5573·972	1		—
5573·586	3		—
5572·356	2		—
5571·830	2		—
5571·469	5		—
5570·972	1	sehr schwach	—
5570·639	1		—
5570·320	2		—
5569·605	2		—
5569·112	4		—
5568·632	1	„	—
5568·337	3		—
5568·030	3		—
5567·603	3		—
5567·235	2		—
5566·883	1		—
5566·622	2		—
5566·369	2		—
5565·911	2		—
5565·280	3		—
5564·860	2		—
5564·611	2		—
5563·976	5		—
5563·132	1	„	—
5562·717	1	verbreitert	—
5562·395	2		—
5561·886	3		—
6561·441	4		—
5560·922	3	„	—
5560·407	2		—
5559·787	3		—
5559·155	5		—
5558·794	3		—
5558·251	1	bandenartig, Mitte gemessen	—
5557·809	3	„	—
5557·296	3	„	—
5556·843	5		—
5556·512	1		—
5556·189	2		—
5555·654	3	bandenartig verbreitert	—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5555·209	1		—
5554·788	4		—
5554·529	1		—
5554·197	3		—
5553·775	3	bandenartig verbreitert	—
5553·251	2		—
5552·820	3		—
5552·514	1		—
5552·195	1	sehr schwach	—
5551·836	3		—
5551·243	4		—
5550·849	4		—
5550·276	5		—
5549·682	4	bandenartig, beiderseits verbreitert, Mitte scharf	—
5549·067	4		—
5548·694	1		—
5548·383	3		—
5547·985	1		—
5547·643	3		—
5547·361	2		—
5547·069	1		—
5546·666	2		—
5546·409	2		—
5546·051	3		—
5545·638	4		—
5545·178	4		—
5544·653	5		—
5544·220	4		—
5543·594	6		—
5543·177	2		—
5542·747	5	verbreitert	—
5542·214	4		—
5541·900	1		—
5541·491	4		—
5541·002	2		—
5540·712	5		—
5540·235	3		—
5539·663	1		—
5539·159	3		—
5538·621	6		—
5538·189	3	Band	
5537·836	3	„	
5537·309	5		
5536·926	4		
5536·595	4		
5536·303	4		
5535·781	6		
5535·347	4		
5534·943	3		
5534·526	6		5529
5534·132	3	scharf	
5533·744	6	„	
5533·196	5	stark verbreitert, wahrscheinlich aus zwei Linien bestehend	
5532·691	3	verbreitert, vielleicht doppelt	
5532·169	6		
5531·422	8		
5530·767	3		
5530·214	2		
5529·901	2		

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5529·621	4			5499·733	6		—
5528·912	2	verbreitert beiderseits		5499·150	2		—
5528·521	2			5498·816	1		—
5528·126	4			5498·475	3		—
5527·657	4			5498·104	2		—
5527·240	2			5497·395	2		—
5526·765	1			5497·014	4		—
5526·379	3	stark verbreitert	5529	5496·703	3		—
5525·869	3	verbreitert		5496·372	3		—
5525·438	1			5495·401	5		—
5525·154	3			5494·777	4		—
5524·680	1	unscharf		5494·381	4		—
5524·420	2	„		5493·982	3		—
5523·540	3			5493·505	1		—
5522·249	1	dazwischen viele kleine Streifen, nicht messbar		5493·312	2		—
5521·963	4		—	5492·803	8		—
5521·232	8		—	5492·105	3		—
5520·521	2		—	5491·605	1		—
5520·150	4		—	5491·418	1		—
5519·515	1		—	5491·103	1		—
5519·145	2		—	5490·711	2		—
5518·761	2	verbreitert	—	5490·118	4		—
5518·529	1		—	5489·532	5		—
5518·233	2		—	5489·092	2		—
5517·942	3		—	5488·679	4		—
5517·556	4		—	5488·274	2		—
5517·038	4		—	5487·967	3		—
5516·355	5		—	5487·510	9		—
5515·746	1		—	5486·790	10		—
5515·421	1		—	5486·238	1		—
5515·155	1		—	5485·814	4		—
5514·240	4		—	5485·354	2		—
5513·898	3		—	5485·075	4	verbreitert	—
5513·048	4		—	5484·525	4		—
5512·853	1		—	5483·741	1		—
5512·432	3		—	5483·492	3		—
5511·963	1	verbreitertes Band	—	5483·248	2		—
5511·309	2	„	—	5482·813	4		—
5510·460	3		—	5482·395	2		—
5510·160	1		—	5481·955	3		—
5509·594	2		—	5481·398	6		—
5509·209	3		—	5480·910	2		—
5508·806	5		—	5480·607	2		—
5507·637	2	verbreitert	—	5480·198	2		—
5507·115	2		—	5479·916	5		—
5506·599	4		—	5479·341	6		—
5506·256	1		—	5478·692	6		
5505·771	2	scharf	—	5478·228	3		
5505·278	2	verbreitert	—	5477·606	8		
5504·986	1		—	5477·023	3	„	
5504·681	1		—	5476·597	3		
5504·295	1		—	5476·270	3		
5503·893	6		—	5475·770	4		5470
5503·449	3	„	—	5475·346	5		
5502·589	5		—	5474·950	3		
5502·213	4		—	5474·351	4	„	
5501·350	1		—	5473·858	3	scharf	
5500·574	4		—	5473·374	3		
5500·398	2		—	5473·049	2		

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5472·949	4		5470	5444·152	3		—
5472·782	2			5443·867	2		—
5472·500	1			5443·153	1	bandartig verbreitert	—
5472·243	3			5441·892	5	verbreitert	—
5471·390	3			5441·504	1		—
5470·780	1			5441·189	4		—
5470·278	2			5440·760	4		—
5469·931	4			5440·536	6		—
5469·469	3			5440·285	3	bandartig verbreitert	—
5469·120	1			5439·155	6		—
5468·831	3			5438·472	3		—
5468·299	3			5438·246	3	fast verwachsen	—
5467·886	1			5437·875	3		—
5467·624	2			5437·565	1		—
5467·053	1		—	5436·870	4		—
5466·556	1		—	5436·440	4	verbreitert	—
5466·183	3		—	5435·932	4		—
5465·896	3		—	5435·367	3		—
5465·658	2		—	5434·426	1		—
5465·385	1	schwach	—	5433·922	2		—
5465·086	2		—	5433·600	4		—
5464·680	4		—	5432·962	6		—
5464·028	2		—	5432·527	2		—
5463·769	1		—	5431·932	3		—
5463·400	1		—		8		—
5462·975	1		—	5431·219	oder		—
5462·751	1		—		10		—
5462·434	2		—	5430·507	2		—
5462·160	3		—	5430·198	1		—
5461·820	1	„	—	5429·566	4		—
5461·473	1		—	5429·260	3		—
5461·160	3		—	5428·940	4		—
5460·815	2		—	5428·656	1	sehr schwach	—
5460·560	3		—	5428·349	1		—
5460·168	1		—	5428·068	5		—
5459·531	1		—	5427·685	1		—
5459·191	2		—	5427·272	3		—
5458·507	4		—	5426·838	1		—
5457·779	2		—	5426·655	2		—
5457·010	3		—	5426·197	6		—
5456·783	—		—	5425·712	2		—
5455·311	—		—	5425·390	3		—
5455·010	3	verbreitert	—	5424·908	5		—
5454·648	3		—	5424·514	2		—
5454·098	2		—	5424·171	3		—
5453·462	4		—	5423·724	3		—
5452·046	2		—	5423·438	1		—
5451·647	4		—	5423·143	5		—
5451·202	1		—	5422·743	2		—
5450·511	2		—	5422·112	3		—
5450·190	3		—	5421·787	1		5416
5448·329	2		—	5421·467	4		
5447·880	3		—	5421·078	4		
5447·459	3		—	5420·793	3		
5447·007	3		—	5420·385	2		
5446·355	1	sehr schwach	—	5419·994	4	vielleicht doppelt	
5445·842	1	verbreitert	—	5419·479	4		
5445·044	3		—	5419·100	3		
5444·683	3		—	5418·609	6		

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5417·827	5			5386·763	4		—
5417·359	5	verbreitert		5386·188	5		—
5416·580	4			5385·861	3		—
5416·232	4			5385·014	1	verschwommen	—
5415·149	3			5384·516	1		—
5415·416	2			5384·183	4		—
5414·325	4			5383·578	3		—
5413·909	1			5383·100	2		—
5413·742	1			5382·175	3		—
5413·402	4			5381·759	3		—
5412·959	1	sehr schwach		5381·466	3		—
5412·709	1		5416	5381·281	3		—
5412·427	2			5380·918	1		—
5412·061	3			5380·318	3	verbreitert	—
5411·737	2			5379·346	7		—
5411·360	1			5378·959	5		—
5411·061	3			5378·061	3		—
5410·447	5			5377·316	6		—
5409·790	4			5376·897	5		—
5409·402	1			5376·462	1		—
5409·098	2			5376·173	3		—
5408·680	2			5375·486	3		—
5408·315	3		—	5375·158	2	nur die Ecklinien der Bande ablesbar	—
5407·998	1		—	5374·695	2		—
5407·691	5		—	5374·346	3		—
5407·047	3		—	5373·680	3		—
5406·547	1		—	5373·195	5		—
5406·301	2		—	5372·690	5		—
5405·013	3		—	5372·046	2		—
5404·141	2		—	5371·433	3		—
5402·954	3		—	5371·147	3		—
5402·590	1		—	5370·810	2		—
5401·957	2		—	5370·473	3		—
5401·593	1		—	5369·944	1		—
5401·185	3		—	5369·673	2	scharf	—
5400·805	1	bandartig verbreitert	—	5369·384	1		—
5399·684	2		—	5368·989	4		—
5399·350	1		—	5368·441	1		—
5398·996	3		—	5368·314	2		—
5398·285	3		—	5367·978	3		—
5396·479	2		—	5367·588	3	verbreitert	—
5396·226	2		—	5366·993	4		—
5395·841	1	sehr schwach	—	5366·482	5		—
5395·646	1	„	—	5365·380	4		—
5395·327	4		—	5365·355	1		—
5393·578	2		—	5365·093	1		—
5393·487	1		—	5364·697	6		—
5392·435	2		—	5364·237	3		—
5392·082	3		—	5363·814	5		—
5390·967	1		—	5363·297	5		—
		mehrere angedeutete schwache Linien	—	5362·896	3		—
5390·716	2		—	5362·520	1		—
5390·214	1		—	5362·140	3		—
5389·552	3		—	5361·678	2		—
5389·049	4		—	5361·531	2		—
5388·517	2		5389·015 | 4	5361·158	3		—
5388·182	3		—	5360·892	1		—
5387·504	2		—	5360·627	3		—
5387·105	1		—	5360·279	4		5360·312 | 4

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5359·806	5		
5358·845	4		
5358·263	3		
5357·740	2		
5357·367	3		
5356·973	4		
5356·203	2	verbreitert	
5355·540	2	„	
5354·883	1	stark verbreitert	
5354·019	1	„	
5353·062	2	„	
5352·152	2	verbreitert	
5351·273	3		
5350·816	1		5354
5350·405	3		
5349·898	2		
5349·390	1		
5348·912	2		
5348·361	2		
5346·911	3		
5346·163	2	total verschwommen nach beiden Seiten	
5345·194	1	verschwommen	
5344·041	2	„	
5343·007	3		
5342·359	1	sehr schwach	
5341·953	1	„	
5340·898	3	verwaschen	—
5340·121	3		—
5338·777	1		—
5338·257	3		—
5337·890	1		—
5337·476	2		—
5337·285	2		—
5336·556	1		—
5336·127	1		—
5335·510	3		—
5334·833	4		—
5334·234	1	verbreitert	—
5333·939	1		—
5333·592	3		—
5333·106	2		—
5332·817	1		—
5332·525	2		—
5332·153	3		—
5331·522	1	verschwommen, bandartig	—
5330·789	2		—
5330·295	4		—
5329·516	2	bandartig	—
5327·921	1		—
5327·671	1		—
5327·369	2		—
5326·731	1		—
5326·301	5		—
5325·715	4		—
5325·223	2		—
5324·873	1		—
5323·851	2		—
5323·587	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5323·241	2		—
5322·867	2		—
5322·271	1		—
5321·858	3		—
5321·536	3	bandartige Streifen	—
5321·240	3		—
5320·651	1	abschattiert	—
5320·203	3	„	—
5319·835	1		—
5319·585	2		—
5319·311	3		—
5318·654	4		—
5317·883	5		—
5317·361	1	sehr schwach	—
5317·119	2	„	
5316·877	1	„	
5316·586	2		
5316·202	4		
5315·720	2		
5315·338	2		
5314·998	6		
5314·481	2		
5314·125	8		
5313·614	3		
5313·272	6		5310
5312·879	1		
5312·506	3		
5311·760	6		
5310·621	5	ein beiderseits verwaschenes Band	
5309·823	5		
5309·410	3		
5309·071	1		
5308·191	2		
5307·847	3		
5307·525	1		—
5307·121	3		—
5306·783	1		—
5306·231	3		—
5305·874	2		—
5305·501	3		—
5305·113	5		—
5304·404	1		—
5303·962	3		—
5303·444	5	verwaschen	—
5303·274	1		—
5301·986	1		—
5301·381	2		—
5300·924	4		—
5300·476	1		—
5299·973	2		—
5299·601	1		—
5299·071	3		—
5298·795	3		—
5298·154	1		—
5297·997	2		—
5297·312	2		—
5296·983	2		—
5296·015	2		—
5295·584	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5294·551	1		—	5261·451	5	verwaschen	—
5294·031	3		—	5261·247	1		—
5293·300	3		—	5260·608	2		—
5292·240	3		—	5260·269	1	„	—
5290·799	1	verbreitert	—	5259·841	4		—
5290·330	3		—	5259·552	2		—
5289·848	3		—	5259·192	1		—
5289·006	2	„	—	5258·607	2		—
5288·259	2	„	—	5258·340	3		—
5287·585	3	sehr schwach	—	5257·986	1	„	—
5286·932	1	„	—	5257·405	2		—
5286·482	2		—	5256·803	4		—
5285·746	3		—	5256·043	2	„	—
5284·913	2		—	5255·739	3		
5284·450	2		—	5255·269	2		
5283·016	2		—	5254·974	1		
5282·630	2		—	5254·534	1		
5282·289	1	„	—	5254·153	4		
5281·579	1		—	5253·756	3		
5280·228	1		—	5253·303	2		
5279·898	2		—	5252·981	2		
5279·433	2		—	5252·700	3		
5278·548	3		—	5252·158	3	„	
5278·247	2		—	5251·677	3		
5277·876	1	schwach	—	5251·359	3		
5277·440	1	sehr schwach	—	5251·118	3		
5277·101	1	verschwommen	—	5250·512	2	„	
5276·733	1	„	—	5249·820	3		5248
5276·378	4		—	5249·315	2		
5275·901	1		—	5248·958	2		
5275·528	3		—	5248·090	3		
5274·276	1		—	5247·126	2		
5273·990	1		—	5246·801	2		
5273·592	1		—	5246·336	3	„	
5273·323	2		—	5245·587	3		
5272·999	3		—	5245·015	2		
5272·689	2		—	5244·577	3	verschwommen	
5272·335	1		—	5243·906	1		
5271·872	1		—	5243·212	3		
5271·316	2		—	5242·702	2	„	
5270·558	3		—	5242·282	1	sehr schwach	
5269·378	1	sehr schwach	—	5242·027	1		—
5269·089	1		—	5241·737	2		—
5268·833	2		—	5240·856	2		—
5268·508	2		—	5240·069	2		—
5267·847	2		—	5239·682	2		—
5267·401	1		—	5239·320	2		—
5267·254	1		—	5238·477	2	verschwommen	—
5267·024	1		—	5238·114	1		—
5266·540	1		—	5237·089	2		—
6266·155	3		—	5236·527	1		—
5265·512	3	verwaschen, vielleicht doppelt	—	5236·079	2		—
5265·109	1		—	5235·472	3		—
5264·917	2		—	5234·131	2		—
5264·044	1		—	5232·817	1	„	—
5263·500	4	verwaschen	—			undeutlich	
5263·017	3	„	—	5232·182	1		—
5262·484	1	„	—	5231·328	2		—
5261·990	1		—	5230·792	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5230·329	1	sehr schwach	—
5229·835	2		—
5229·109	1	verschwommen	—
5228·457	2		—
5227·943	1		—
5226·798	1		—
5226·155	2		—
5225·734	1		—
5225·258	1		—
5224·676	2	„	—
5224·454	1	„	—
5223·947	2		—
5223·671	1		—
5523·307	1		—
5222·983	1		—
5222·245	2		—
5221·546	2	„	—
5221·274	1	„	—
5220·690	3		—
5220·229	2		—
5219·882	1		—
5219·544	1		—
5219·201	2		—
5218·668	1		—
5218·037	1	schwach	—
5217·704	4		—
5217·019	3		—
5215·935	1		—
5215·409	3		—
5214·796	3	bandartig	—
5214·451	1		—
5213·835	1	verschwommen, bandartig	—
5213·158	3		—
5212·875	1		—
5212·594	2		—
5212·052	2		—
5211·593	1	verschwommen, kaum sichtbar	—
5210·931	4	scharf	—
5210·617	2		—
5210·017	2	verschwommen	—
5209·045	2	„	—
5208·782	4	„	—
5208·306	3	verbreitert	—
5207·417	3		—
5206·906	5	„	—
5206·409	1		—
5205·737	1		—
5205·227	6	„	—
5204·779	1		—
5204·296	2		—
5203·710	4		—
5203·341	1		—
5202·904	2		—
5202·465	3		—
5201·872	2		—
5201·652	3	stark verbreitert	—
5201·156	2		
5200·756	2		5192
5200·333	2		
5199·956	3		
5199·582	1		
5199·309	2		
5199·000	3		
5198·475	2		
5197·817	4	verbreitert, unscharf	
5197·675	2		
5196·769	3		
5196·588	2		
5195·966	2		5192
5195·728	2		
5194·782	2		
5194·048	5	verbreitert	
5193·436	3	verbreitert, verschwommen	
5192·734	1	scharf	
5192·288	2		
5191·956	2		
5190·521	1		
5190·117	3		
5188·573	1	verbreitert	—
5188·100	1	sehr schwach	—
5187·335	1		—
5186·880	1		—
5186·612	1		—
5186·033	1		—
5185·016	1		—
5184·426	3		—
5183·775	2	verschwommen	—
5183·063	1	sehr schwach	—
5182·670	1	„	—
5182·165	1	„	—
5181·562	2	verwaschen	—
5181·169	1	sehr schwach	—
5180·855	2	verwaschen	—
5178·761	2		—
5178·043	3	bandartig verwaschen	—
5176·861	1		—
5176·401	2	verwaschen	—
5176·361	1	„	—
5175·881	1	„	—
5175·229	2	„	—
5173·653	2	„	—
5173·171	2	„	—
5172·692	1		—
5172·307	1	sehr schwach	—
5171·175	2		—
5170·660	1		—
5170·353	2		—
5169·665	1	„	—
5168·592	2		—
5168·122	2		—
5166·239	1	verwaschen, sehr schwach	—
5166·142	2	verwaschen	—
5165·330	2	„	—
5163·880	3		—
5163·389	3		—
5163·008	2		—
5161·691	4	verbreitert	—
5161·214	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5160·816	2		—
5159·844	5		—
5159·557	1		—
5159·148	1	ganz verwaschen	—
5158·916	1	„	—
5158·194	2	verwaschen	—
5157·921	2	„	—
5157·509	1	„	—
5157·134	3		—
5156·689	2		—
5156·275	1		—
5155·826	2		—
5155·332	4		—
5154·873	2	verbreitert	—
5154·379	3		—
5153·960	3		—
5153·559	1		—
5153·102	2		—
5152·655	3	„	—
5152·281	2		—
5151·929	3		—
5151·615	1		—
5151·344	1		
5150·987	4		
5150·583	2		
5150·287	1		
5149·935	2		
5149·583	3		
5148·917	3	bandartig verbreitert	
5148·163	4		
5147·535	4		
5146·732	3	verbreitert	
5146·257	2		
5145·783	4	„	
5145·031	2		
5144·482	3		
5144·000	2		
5143·458	2		5144
5143·131	1		
5142·574	1	ganz verschwommen, vielleicht doppelt	
5141·671	2		
5140·923	1	verschwommen	
5140·448	2	„	
5139·074	1		
5138·400	2		
5137·643	1	„	
5137·001	1		
5136·624	1		
5136·113	1		
5135·663	2	„	
5135·398	2	„	
5133·270	1	sehr schwach	
5132·852	1	„	—
5129·743	1	„	—
5128·816	2		—
5128·220	1		—
5127·561	1		—
5126·914	1	verschwommen	—
5125·783	1	ganz verschwommen, verbreitert	—
5123·942	1	ganz verschwommen	—
5123·188	1	„	—
5122·682	1	„	—
5121·987	2	„	—
5120·490	1		—
5119·500	2		—
5118·144	2		—
5117·233	3		—
5115·673	2		—
5114·984	2	bandartig verwaschen	—
5113·655	1	verschwommen	—
5112·976	1	„	—
5112·558	1	„	—
5112·262	1	„	—
5111·631	1		—
5111·279	2		—
5110·943	1		—
5110·152	1		—
5109·767	1	sehr schwach	—
5109·186	2		—
5108·392	1	verschwommen	—
5107·832	2	„	—
5107·195	3		—
5106·224	2	„	—
5105·412	2		—
5104·594	2		—
5104·239	3		—
5103·731	1	verwaschenes, breites Band, Mitte gemessen	—
5102·903	3		—
5102·608	3		—
5102·140	2		—
5101·965	2		—
5100·853	2		
5100·494	4		
5099·627	2		
5098·972	4		
5098·392	2		
5097·634	4		
5096·911	1	verbreitert	
5096·457	1		
5095·983	2		
5095·055	2		
5094·684	3		
5094·225	2		5089
5093·912	2		
5093·098	2		
5092·697	3	verschwommen	
5092·195	1		
5091·949	1	„	
5091·541	2	„	
5090·979	3		
5090·162	2		
5089·388	2	ganz verschwommen, undeutlich	
5089·196	1		
5088·322	1	verschwommen	
5087·529	3		
5086·884	2	„	—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5086·270	1	verschwommen	—
5084·475	3		—
5084·024	2		—
5082·964	1	sehr schwach, verschwommen	—
5082·415	3		—
5081·412	3		—
5080·781	2		—
5080·325	2		—
5079·334	1	verbreitert, verwaschen	—
5078·503	2		—
5078·022	1		—
5077·699	1		—
5075·217	1		—
5074·912	2		—
5074·576	3		—
5074·086	2		—
5073·586	1	bandartig verbreitert	—
5072·729	1	verschwommen	—
5071·923	2		—
5071·629	1	sehr schwach	—
5071·349	1		—
5070·893	1		—
5070·563	2		—
5070·181	1	verschwommen	—
5069·757	2		—
5069·355	1	sehr schwach, verschwommen	—
5068·966	1		—
5068·568	3		—
5068·099	2		—
5067·529	2		—
5066·886 }	2	schwach, verschwommen	—
5066·643 }	2		—
5065·833	3		—
5065·323	2	schwach	—
5064·973	1		—
5064·546 }	2		—
5064·219 }	1		—
5063·825 }	2		—
5063·247 }	1		—
5062·779	1		—
5062·315	2	verbreitert	—
5061·770	2		—
5061·189	3		—
5060·756	1	verbreitert, bandartig, kaum sichtbar	—
5059·871	4		—
5059·103	3		—
5058·636	1		—
5058·134	3		—
5057·626	1		—
5056·981	4		—
5056·493	1		—
5056·071	1	sehr schwach	—
5055·711	3		—
5055·444	2		—
5055·086	2		—
5054·862	1		—
5054·463	1	verbreitert	—
5053·057	1	sehr schwach	—
5053·290	8		—
5052·545	3		—
5052·119	1		—
5051·440	5		—
5051·044	5		—
5050·370	2		—
5049·590	3		—
—	1	nicht messbar	—
5048·953	2		—
5048·544	1		5037 (5048·544 – 5035·030)
5048·137	2		
5047·790	4		
5046·730	2		
5046·266	4	ziemlich scharf	
5045·418	2		
5044·712	5		
5043·930	3	verbreitert	
5043·297	4		
5042·770	2	verwaschen	
5042·438	1		
5041·976	3		
5041·438	3		
5040·887	4		
5039·694	3		
5039·277	2		
5038·818	3	nach beiden Richtungen verwaschen	
5038·368	1		
5037·866	3		
5037·004	4		
5036·532	2		
5035·866	2	verwaschen, verbreitert	
5035·366	2		
5035·030	1	verwaschen	
5034·631	4	"	—
5033·881	2		—
5033·261	2	"	—
5032·737	1	verwaschen, bandartig verbreitert	—
5031·510	1	"	—
5030·301	2	"	—
5028·121	1	kaum sichtbar	—
5027·485	1		—
5026·447	1		—
5025·645	1		—
5025·008	1		—
5024·700 }	2		—
5024·377 }	1		—
5022·684	1	"	—
5022·043	3	verbreitert	—
5021·495	1		—
5021·003	1		—
5020·525	2		—
5019·483	2	bandartig verbreitert	—
5018·593	1	verbreitert	—
5017·820	1	sehr schwach sichtbar	—
5017·096 }	1	unscharf	—
5016·772 }	2	"	—
5015·790	1	bandartig verbreitert	—
5015·215	2	"	—
5014·173	3	unscharf, verbreitert	—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
5013·449	1	verwaschen	—
5012·821	2		—
5011·703	4		—
5011·099	3		—
5010·436	2		—
5009·677	2		—
5009·322	1		—
5008·988	2	scharf	—
5008·224	2	ganz verschwommen	—
5007·057	3	bandartig	—
		verbreitert	
5005·971	2	„	—
5005·304	3		—
5003·968	2		—
5003·713	2		—
5003·178	2		—
5002·765	1	verschwommen	—
5002·020	4		—
5001·375	3		—
5000·578	3		—
5000·013	2		—
4999·574	2		—
4999·206	3		—
4998·868	2		—
4998·556	1		—
4997·989	5	bandartig verbreitert, vielleicht doppelt	—
4997·306	2	„	—
4996·658	3	„	—
4696·177	3		—
4995·634	3		—
4995·141	3		—
4994·718	4		—
4994·197	4		—
4993·775	1		—
4993·208	4		—
4992·712	2		—
4992·336	1		—
4991·909	3		
4991·642	2		
4991·491	2		
4991·059	2		
4990·628	2	verwaschen	
4990·258	3		
4989·995	3		
4989·543	1		
4989·182	2		
4988·494	2		
4987·317	2	verschwommen	4990
4987·371	1		
4985·737	1		
4985·304	1	„	
4984·526	1		
4983·842	1		
4983·385	1		
4982·675	2		
4982·162	1	total verwaschen	
4980·833	1		
4980·387	4	ziemlich scharf	

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4979·706	1	verschwommen	
4978·830	1	„	4990
4978·083	1	„	
4977·286	2		—
4976·617	1		—
4975·282	1		—
4974·566	2		—
4973·674	1		—
4972·641	1	sehr schwach	—
4971·915	1	verschwommen	—
4970·935	1	„	—
4970·103	1		—
4969·433	1		—
4968·786	1		—
4968·638	2		—
4967·576	1		—
4967·046	1		—
4966·176	1		—
4965·747	1		—
4965·549	1		—
4964·764	3		—
4963·511	2	bandartig verbreitert	—
4062·962	1		—
4962·341	2		—
4961·002	1		—
4960·404	2		—
4959·968	1		—
4958·993	1		—
4058·458	1		—
4958·264	2		—
4956·692	1		—
4956·193	2		—
4655·625	2	bandartig verbreitert, Mitte gemessen	—
4954·670	1		—
4954·056	1	sehr schwach, undeutlich	—
4953·728	2		—
4953·300	1		—
4653·156	2	bandartig verbreitert	—
5952·248	1		—
4951·889	2	verbreitert, unscharf	—
4951·020	2		—
4950·455	2	bandartig verbreitert	—
4949·362	2		—
4948·850	3		—
4948·458	1	sehr schwach	—
4947·790	3		—
4947·408	3		—
4946·968	1		—
4946·464	1		—
4946·006	1		—
4945·609	1		—
4945·195	1		—
4944·803	2		
4944·179	1		
4943·903	1		
4943·555	3		4936
4943·169	2		
4942·909	1		
4942·439	2	bandartig	

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4941·989	2	Mitte gemessen	
4941·552	1	kaum sichtbar	
4941·174	1		
4940·737	1	verschwommen, undeutlich	
4940·403	3		
4939·871	3		
4939·317	1	sehr schwach	4936
4939·010	2		
4939·531	1		
4939·245	2		
4937·471	2		
4936·995	3		
4936·588	1		
4935·966	1	verschwommen	—
4935·219	1		—
4934·592	3	einige Linien nur angedeutet	—
4927·070	1	bandartig, verschwommen	—
4926·222	2	"	—
4925·558	1	total verschwommen	—
4925·008	1	"	—
4924·355	1	"	—
4923·598	1		—
4923·244	1	verbreitert, undeutlich	—
4923·036	2	"	—
4922·422	1	sehr schwach	—
4922·038	1	"	—
		einige nicht ablesbare Linien	
4917·827	2	stark verbreitert	—
4917·213	1	bandartig verbreitert	—
4916·603	1	sehr schwach	—
4916·260	1	"	—
4915·980	1	"	—
4915·304	1	verschwommen, bandartig	—
4914·505	4		—
4913·684	3		—
4913·214	1	verschwommen	—
4912·617	1	"	—
4912·133	3		—
4911·260	2		—
4910·984	2		—
4909·882	2	"	—
4909·715	2		—
4909·299	1		—
4908·818	3		—
4908·446	1		—
4907·653	3		—
4906·995	1		—
4906·210	2	ganz verschwommen, bandartig	—
4005·557	2		—
4905·088	1	verschwommen	—
4904·793	1	"	
4904·337	3	"	
4904·020	3		
4903·452	3		
4903·045	2		4895
4902·606	1	"	
4902·198	1		
4901·610	4		
4901·108	2		

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4900·249	1	bandartig, verbreitert, verschwommen	
4899·780	3		
4899·456	1		
4899·077	2		
4898·394	4		
4897·921	2		
4896·968	3	"	
4896·315	3		
4895·654	3		4895
4895·290	1		
4894·593	3	"	
4893·603	1	verschwommen	
4892·772	3	bandartig verbreitert, Mitte gemessen	
4890·525	3	"	
4889·858	1	verschwommen	
4889·406	1	"	
4888·933	1	"	—
4888·663	1	"	—
4887·852	2	"	—
4887·429	2	"	—
		einige ganz verschwommene, nicht ablesbare Linien	
4885·144	2	verschwommen	—
4884·577	1	"	—
4884·205	2	"	—
4883·751	1	"	—
4882·399	1	"	—
4881·910	1	"	—
4881·214	3	"	—
4880·245	2	"	—
4879·754	1	"	—
4878·913	2	"	—
		einige ganz verschwommene, nicht ablesbare Linien	
4875·980	2	verschwommen	—
4875·541	3	"	—
4874·927	1		—
4874·455	1	verschwommen, undeutlich	—
4873·897	1	verschwommen	—
4873·164	1	"	—
4872·732	1	"	—
4872·237	1	verbreitert	—
4871·931	1	sehr schwach	—
4871·172	3	verbreitert	—
4870·583	2	"	—
4870·141	1	"	—
4869·559	1	stark verbreitert	—
4868·609	2	verbreitert	—
4868·447	4	"	—
4867·300	2		—
4865·827	4		—
4864·823	2	bandartiger Streifen	—
4864·286	1		—
4863·839	2	verbreitert	—
4863·366	4		—
4862·881	2	verbreitert, vielleicht doppelt	—
4862·390	2		—
4862·034	1		—
4861·169	4		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4860·656	3		—
4860·178	3		—
4859·465	1		—
4858·956	3		—
4858·476	4		—
4858·107	1		—
4857·626	1		—
4856·827	5		—
4856·490	2		—
4855·803	2	streifenartig verbreitert	—
4855·273	3		—
4854·898	1		—
4854·539	1		—
4854·190	2	verwaschen	—
4353·726	2	„	—
4353·255	2	verbreitert	—
4852·805	2		—
		dazwischen ein Band	
4852·281	2		—
4851·702	1		—
4851·342	3	scharf	—
4851·029	3	„	—
4850·180	2		
4849·707	3		
4849·249	3		
4848·701	1		
4848·230	3	verbreitert	
4847·519	2		
4847·088	2		
4846·762	2		
4846·124	3		
4845·709	2		4842
4845·346	1	„	
4844·599	2		
4844·298	1	bandförmig	
4843·612	1		
4842·364	2	verschwommen, verbreitert	
4841·697	1	„	
4840·666	2	„	
4840·187	1	„	
4839·562	2		
hier befindet sich eine Bande von derselben Constitution, wie die benachbarten, welche durch Bruch der Platte unabgelesen blieb			4787
4784·744	1		—
4784·243	1		—
4783·665	1	schwach	—
4783·039	1		—
4782·779	1		—
4781·948	1		—
4781·738	1		—
4780·787	1	verschwommen	—
4780·396	1		—
4780·170	1		—
4779·179	1		—
4778·738	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4779·029	2		—
4777·641	2		—
4777·128	1	verschwommen	—
4776·656	1		—
4775·656	1		—
4775·468	1		—
4775·154	2		—
4774·794	1		—
4774·164	2		—
4773·377	2		—
4772·910	3	„	—
4771·729	1		—
4771·285	2		—
4770·912	1	sehr schwach	—
4770·730	1	„	—
4770·540	1	verschwommen	—
4770·009	1		—
4769·508	2		—
4769·259	2		—
4768·566	2	sehr schwach	—
4768·273	1	„	—
4767·939	1	„	—
4767·635	1	„	—
4767·342	2	„	—
4766·542	2		—
4766·220	2		—
4765·504	1		—
4765·221	2		—
4764·762	1		—
4764·557	1	verschwommen	—
4764·195	3		—
4763·756	2		—
4763·476	1		—
4763·256	1		—
4763·042	2		—
4762·749	1		—
4762·265	2		—
4762·098	1		—
4761·397	4		—
4790·916	1	„	—
4760·437	3	bandartig verbreitert	—
4759·854	2		—
4759·547	1		—
4759·343	1	sehr schwach	—
4759·020	1		—
4758·466	2		—
4757·886	2		—
4757·818	2	sehr feine Streifen dazwischen	—
4757·054	2	nach beiden Richtungen abschattiert	—
4756·367	2		—
4756·064	1	sehr schwach	—
4755·757	4	verschwommen	—
4754·985	2	„	—
4754·784	2	„	—
4754·489	2	„	—
4753·379	2		—
4753·150	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4752·680	2	verschwommen	
4752·021	2		
4751·740	2		
4751·615	2		
4751·144	1	„	
4750·868	2		
4750·626	1		
4750·239	2		
4750·029	2		
4749·722	1		
4749·471	2		
4749·189	3		4746
4748·601	1	verwaschen	
4748·416	2		
4748·101	3	„	
4747·786	1		
4747·533	2	sehr schwach	
4746·847	1		
4746·263	1		
4746·085	2		
4745·611	1	bandartig verbreitert	
4745·252	2		
4744·392	2		
4743·967	1		—
4743·741	1		—
4743·465	1	„	—
4742·973	3		—
4742·572	1	„	—
4742·153	2		—
4741·552	1	sehr schwach	—
4741·148	1		—
4741·083	2	schwach verbreitert	—
4740·680	1	bandartig	—
4740·396	1	verbreitert	—
4739·985	1		—
4739·821	2		—
4739·673	2		—
4739·384	1		—
4738·992	2		—
4738·030	2		—
4737·471	2	verschwommen	—
4737·188	1		—
4736·918	1	„	—
4736·659	2		—
4735·814	2		—
4735·568	1	bandartig verbreitert	—
4735·051	2	„	—
4734·327	1		—
4733·926	4	„	—
4733·314	1	sehr schwach	—
4733·117	1	„	—
4732·982	1	„	—
4732·902	1	„	—
4732·544	1	„	—
4732·416	1	„	—
4731·947	2		—
4731·649	4	verbreitert	—
4731·117	1		—
4730·893	1	schwacher Streifen	—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4730·662	1	schwacher Streifen	—
4730·182	1		—
4729·822	2	verwaschen	—
4729·604	1		—
4729·424	1		—
4729·244	2	„	—
4728·825	1		—
4728·563	2		—
4727·856	1	sehr schwach	—
4727·733	1	„	—
4727·520	1	„	—
4727·067	2		—
4726·691	2		—
4726·208	3	nach beiden Richtungen bandförmig verbreitert	—
4725·570	2		—
4725·165	1	sehr schwach	—
4724·717	3	verschwommen	—
4724·341	2		—
4723·901	2	„	—
4723·756	1	„	—
4723·378	2	scharf	—
4722·893	2	verbreitert	—
4722·559	3		—
4722·221	4		—
4721·971	1	sehr schwach	—
4721·695	1		—
4721·482	2		—
4721·194	2		—
4720·607	3	verbreitert	—
4720·172	1		—
4719·783	2		—
4719·199	2		—
4718·644	3		—
4718·178	4		—
4717·798	1		—
4717·505	2		—
4717·185	1		—
4716·737	1		—
4716·540	1		—
4716·283	3		—
4716·084	1		—
4715·799	3		—
		einige feine Streifen	
4715·318	2		—
4714·813	2		—
4714·579	3		—
4714·392	2		—
4714·235	1		—
4714·098	3		—
4713·860	2		—
4713·556	2		—
4713·365	1	sehr schwach	—
4713·109	2	bandartig	—
4712·826	4	stark verbreitert, bandartig	—
4712·477	1		—
4712·356	1		—
4712·034	2		—
4711·624	1	sehr schwach verbreitert	—
4711·391	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4711·137	3		—
4710·941	2		
4710·578	2	verbreitert, vielleicht doppelt	
4710·270	1		
4710·030	3		
4709·796	1		
4709·579	1		
4709·236	3	nach beiden Richtungen stark verbreitert, vielleicht doppelt	
4708·972	1		
4708·813	3		
4708·162	1		
4707·935	2	nach beiden Richtungen verbreitert	
4707·514	4		
4707·088	1		
4706·808	3		
4706·439	4	„	4706
4706·046	1		
4705·702	4		
4705·356	2	„	
4705·142	1		
4704·814	3		
4704·173	2	nach beiden Richtungen stark verbreitert	
4703·658	2		
4703·223	4		
4702·896	1		
4702·585	1		
4702·407	1		
4702·114	2		
4701·775	4		
4701·360	4		
4700·835	1		
4700·579	1	schwach	—
4700·397	1	verschwommen	—
4700·244	2		—
4700·036	3		—
4699·628	2		—
4699·303	1		—
4699·010	1		—
4698·489	3		—
4698·250	1	schwach	—
4697·871	2	verbreitert	—
4697·421	3	„	—
4697·079	1		—
4696·911	2		—
4696·773	2		—
4695·705	1	sehr schwach	—
4695·387	1		—
4695·100	2		—
4694·596	2	verbreitert	—
4694·331	3	„	—
4694·063	1		—
4693·828	2	verbreitert, vielleicht doppelt	—
4693·100	2		—
4692·756	1		—
4692·526	2		—
4692·174	1		—
4691·727	2		—
4691·360	4		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4691·147	1		—
4690·619	3		—
4690·350	1	verschwommen, schwach	—
4689·793	1		—
4689·602	3		—
4689·278	2		—
4688·687	4	nach beiden Richtungen verbreitert	—
4788·110	3		—
4687·920	3		—
4687·675	1		—
4687·423	1		—
4687·220	2		—
4687·081	2		—
4686·814	2		—
4686·574	3		—
4686·209	1		—
4685·834	2		—
4685·453	4		—
4685·243	2		—
4685·053	2		—
4684·755	3		—
4684·503	2		—
4684·384	2		—
4683·969	4		—
4683·760	4		—
4683·159	1		—
4682·877	2		—
4682·617	2	verbreitert	—
4682·378	2		—
4682·058	3		—
4681·671	1		—
4681·537	3	scharf	—
4681·240	3	verbreitert	—
4680·406	3		—
4680·183	1		—
4680·076	3		—
4679·761	3	„	—
4679·418	4		—
4679·135	4		—
		sehr viele feine Schattierungen	
4678·509	2		—
4677·957	4		—
4677·762	2		—
4677·581	1		—
4677·407	1		—
4677·047	3	verbreitert	—
4676·810	4		—
4676·348	1		—
4676·157	2		—
4675·816	4		—
		dazwischen ein Band von fünf Linien	
4675·485	3		—
4675·044	6		—
4674·731	3		—
4674·655	2		—
4674·432	1		—
4673·953	1		—
4673·784	5	bandartig verbreitert	—
4673·402	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4673·296	4		—
4673·065	2	verschwommen	—
4672·883	3	„	—
4672·824	3		—
4672·424	3		—
4672·176	3		—
4671·940	3		—
4671·572	3		—
4671·383	1		—
4671·268	2		—
4670·990	2		—
4670·675	6		—
4570·435	2		—
4670·329	6		—
		dazwischen zwei streifenartige Linien	
4670·122	6		—
4669·883	6		—
4669·474	1	sehr schwach	—
4669·475	5		—
4669·042	3		—
4668·801	4		—
4668·483	4		—
4668·338	3	verbreitert	—
4668·040	3	„	—
4667·892	4		—
4667·681	1		—
4667·554	1		—
4667·369	3		—
4667·147	1	bandartige Streifen	—
4666·932	3	„	—
4666·787	1	„	—
4666·646	3		—
4666·333	6		—
4665·970	2		—
		dazwischen ein bandartiger Streifen	
4665·712	2		—
4665·357	6		—
4664·988	4	etwas verbreitert	—
4664·721	4	„	—
4664·381	4	„	—
4664·184	1		—
4664·036	3		—
4663·803	2	bandartiger Streifen, Mitte gemessen	—
4663·622	4		—
4663·435	1		—
4663·163	5	vielleicht doppelt	—
4662·796	2	scharf	—
4562·431	2	bandartig verbreitert	—
4662·220	4		—
4662·099	1		—
4661·876	1		—
4661·799	4		—
4661·593	1		—
4661·446	1		—
4661·179	1		—
4660·863	8		—
4660·443	4		—
4660·265	1		—
4660·044	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4659·647	8		—
4659·493	6		—
4659·270	4		—
4658·793	2		—
4658·505	4		
		gleichmässiges, aus Streifen bestehendes Band	—
4657·975	3		—
4657·496	3		—
4657·188	8		—
4656·495	3	nach beiden Richtungen verbreitert	—
4656·140	6		—
4655·691	2		—
4655·348	3	eingeschlossen in einem Bande	—
4654·131	3		—
4654·863	4		—
4654·596	4		—
4654·233	5		—
4653·948	1		—
4653·841	1		—
4653·631	2	nach beiden Seiten abschraffiert	—
4653·112	1		
4652·971	3		
4652·565	4		
4652·323	8		
4652·128	2		
4651·848	3		
4651·331	2		
4651·088	4		
4650·814	3		
4650·623	3		
4650·493	1		
4649·993	2		
4649·404	6		4651
4648·817	1		
4648·629	1		
4648·399	3		
4648·082	1		
4647·980	1		
4647·660	2		
4647·385	1		
4647·047	1	schwach	
4646·892	1	„	
4646·709	4		
4646·404	4		
4645·761	4		
4645·448	1	bandartig verbreitert	—
4645·110	1		—
4644·734	2		—
4644·509	1		—
4643·994	4		—
4643·568	3		—
4643·247	3		—
4642·297	3		—
4641·927	1		—
4641·736	1		—
4641·506	4		—
4641·255	2	verbreitert	—
4640·831	6		—
4640·460	4	gestreiftes Band	—
			—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4639·805	3	gestreiftes Band	—	4622·578	2		—
4639·373	3	feinst gestreiftes Band	—	4622·379	3		—
4639·196	2		—	4621·876	3		—
4638·540	3		—	4621·703	1		—
4638·331	2	sehr schwach gestreiftes Band	—	4621·285	1		—
4637·946	1		—	4621·124	1		—
4637·723	2		—	4620·901	4		—
4637·363	1		—	4620·682	3		—
4636·802	3		—	4620·542	2		—
4636·621	2		—	4620·418	3		—
4636·375	2		—	4619·770	2		—
4635·943	2		—	4619·541	2		—
4635·564	1		—	4619·368	3		—
4635·269	2	verbreitert	—	4619·211	3		—
4634·865	1		—	4618·997	2		—
4634·762	1		—	4618·850	1		—
4634·527	4		—	4618·705	2		—
4634·328	4		—	4618·384	1		—
4633·715	5		—	4618·233	2		—
4633·155	1		—	4617·953	4		—
4032·991	1		—	4617·720	1		—
4632·711	3		—	4617·482	1		—
4632·460	3		—	4617·161	4		—
4632·279	1		—	4616·908	4		—
4632·139	4		—	4616·761	5		—
4031·584	3	bandartig verbreitert	—	4616·208	1		—
4631·194	2	„	—	4616·081	1		—
4630·924	1		—	4615·784	4		—
4630·753	2		—	4615·466	3		—
4630·514	1		—	4615·188	2		—
4630·409	3		—	4614·786	4		—
4630·214	2		—	4614·574	3	scharf verbreitert	—
4630·053	2		—	4614·212	3		—
4629·652	1		—	4613·925	2		—
4629·342	3		—	4613·737	2		
4628·887	1		—	4613·566	1		
4628·659	1		—	4513·478	1		
4628·483	2		—	613·350	3		
4628·202	3		—	4613·204	2		
4628·014	2		—	4612·968	2		
4627·486	1		—	4612·585	1		
4627·366	1		—	4612·327	4		
4627·101	2		—	4611·950	3		
4626·917	1		—	4611·672	3		
4626·704	2		—	4611·184	3		
4626·465	2	stark verbreitert, bandartig, Mitte gemessen	—	4610·810	5		
4626·079	3		—	4610·470	6		4607
4625·639	1		—	4610·159	2		
4625·419	3		—	4609·546	4		
4625·239	2		—	4609·158	3		
4624·983	3		—	4608·786	2		
4624·571	2		—	4608·633	2		
4624·321	2		—	4608·284	2		
4624·194	3		—	4607·900	3		
4623·834	3		—	4607·447	2		
4623·613	2		—	4607·146	3		
4623·399	2		—	4606·744	1		
4623·084	1		—	4606·493	2	verbreitert nach beiden Richtungen mit feinen Linien	
4622·853	2		—	4606·104	3		

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4605·676	2		4607	4586·855	1	verschwommen	—
4605·492	1			4586·594	1	„	—
4605·288	1	sehr schwach		4586·415	1		—
4605·056	4		—	4585·987	2		—
4604·528	3		—	4585·760	1	schwach	—
4604·209	3		—	4585·634	1		—
4603·989	1		—	4585·407	3		—
4603·747	1		—	4585·175	1		—
4603·488	4		—	4584·908	1		—
4603·127	3		—	4584·666	1		—
4602·913	2		—	4584·477	4		—
4602·509	6		—	4584·288	2		—
4601·789	1	schwach, streifenartig, stark verbreitert	—	4584·016	1		—
4601·546	2		—	4583·834	2	bandartig	—
4601·259	1		—	4583·626	1		—
4600·835	3	scharf	—	4583·514	1		—
4600·386	3	verschwommen	—	4583·331	2	„	—
4599·825	2	„	—	4583·086	1	„	—
4599·407	1	„	—	4582·673	2		—
4598·488	1		—	4582·321	1	verwaschen	—
4598·347	2		—	4582·111	3		—
4598·091	2	verbreitert	—	4581·835	2		—
4597·757	1		—	4581·674	1		—
4597·408	4	bandartig verbreitert	—	4581·317	1	„	—
4596·751	1	sehr schwach	—	4581·058	1		—
4596·497	1	„	—	4580·890	2		—
4596·297	1		—	4580·497	2		—
4595·964	2		—	4580·022	1		—
4595·577	2		—	4579·625	1	verschwommen	—
4595·435	1		—	4579·384	2		—
4595·252	2		—	4579·087	1		—
4595·010	2		—	4578·808	2		—
4594·730	1		—	4578·528	1		—
4594·587	1		—	4578·363	1		—
4594·391	2		—	4578·068	1		—
4594·257	1		—	4577·884	1		—
4594·012	1		—	4577·548	4		—
4593·635	2		—	4577·192	4		—
4593·533	2		—	4576·987	1		—
4592·784	3	wahrscheinlich doppelt	—	4576·682	1		—
4592·190	2	verbreitert	—	4576·388	1		—
4591·815	2	verschwommen	—	4576·210	3		—
4591·591	1		—	4575·953	1		—
4591·420	2		—	4575·625	2		—
4590·985	1	„	—	4575·503	1		—
4590·712	2		—	4575·122	2		—
4590·533	1		—	4574·939	2		—
4590·509	2		—	4574·698	2		—
4590·062	1		—	4574·133	4		—
4589·818	2		—	4573·890	1		—
4589·458	2		—	4573·602	4		—
4589·164	2		—	4573·208	2	bandartig verlaufend	—
4588·936	1		—	4572·966	2	„	—
4588·551	1		—	4572·704	3		—
4588·423	2		—	4572·273	3		—
4588·051	2		—	4571·998	1		—
4587·921	1		—	4571·872	1		—
4587·616	2		—	4571·479	1		—
4587·218	3		—	4571·312	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4571·152	2		—
4570·982	1		—
4570·765	2		—
4570·292	4		—
4570·037	1		—
4569·526	3		—
4569·277	2		—
4568·990	1	Mitte gemessen	—
4568·581	2		—
4568·187	3		—
4567·674	1		—
4567·435	2		—
4567·325	2		—
4567·124	2		—
4566·830	2	verwaschen	—
4566·597	1	„	
4566·404	3		
4565·880	1		
4565·713	2		
4565·635	2		
4565·335	1		
4565·198	1		
4565·062	1	schwach	
4564·798	3	verbreitert	
4564·437	1		
4574·230	3		
4563·864	1	Mitte gelesen	
4563·552	3		
4563·412	3		
4563·104	1		
4562·955	3		4562
4562·668	1		
4562·498	2		
4561·990	1		
4561·651	2		
4561·360	3		
4561·012	1		
4560·841	3		
4560·483	3		
4560·194	3		
4559·882	1	sehr schwach	
4559·743	1		
4559·601	2		
4559·311	2		
4558·952	1	schwach	
4558·770	2		
4558·581	2		
4558·267	1		—
4557·946	3		—
4557·495	4		—
4557·223	3		—
4556·871	3		—
4556·437	1		—
4556·151	3		—
4555·928	1		—
4555·817	2		—
4555·701	1		—
4555·481	1		—
4555·252	6		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4554·794	5	nach beiden Richtungen abschattiert	—
4554·346	1		—
4554·237	1		—
4553·859	1		—
4553·756	1		—
4553·616	2		—
4553·284	2		—
4553·112	2		—
4552·962	1		—
4552·272	1		—
4552·553	3		—
4552·392	1		—
4552·211	3		—
4551·966	1		—
4551·741	3		—
4551·403	3		—
4551·027	1		—
4550·764	4		—
4550·445	4		—
4549·993	1		—
4549·628	3		—
4549·581	1		—
4549·346	1		—
4549·091	4		—
4548·716	1		—
4548·524	4		—
4548·336	3		—
4548·182	2		—
4547·765	2	nach beiden Richtungen verbreitert	—
4547·442	4		—
4547·235	1		—
4547·109	1		—
4546·926	3		—
4546·745	1		—
4546·582	3		—
4546·336	3		—
4546·196	1		—
4546·067	2		—
4545·624	2	scharf	—
4545·185	3	verbreitert nach beiden Richtungen, verschwommen	—
4544·978	1		—
4534·771	3		—
4544·544	6		—
4544·275	2		—
4544·062	4		—
4543·866	2		—
4543·736	1		—
4543·570	2		—
4543·284	2		—
4542·822	4		—
4542·617	2		—
4542·386	6		—
4541·948	4		—
4541·229	3		—
4540·948	10		—
4540·777	10	breites, schwarzes Band	—
4540·655	10		—
4540·395	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4540·244	2		—	4525·277	1		—
4539·997	4		—	4525·077	2		
4539·726	4		—	4524·763	4		
4539·470	4		—	4524·408	1		
4538·194	2		—	4524·198	5		
4538·982	3		—	4523·782	8	vielleicht nur eine Linie	
4538·681	4		—	4523·660	4		
4538·438	2		—	4523·348	2		
4538·192	1	sehr schwach	—	4523·208	1		
4538·003	2		—	4523·083	2		
4537·778	5		—	4522·861	3		
4537·490	5		—	4522·581	2		
4537·181	4		—	4522·400	2		
4536·958	4		—	4522·027	2		
4536·774	1	„	—	4521·667	4		
4536·647	1	„	—	4521·338	2		
4536·572	2		—	4520·999	1		4521
4536·361	4		—	4520·797	2		
4536·005	8		—	4520·614	3		
4535·678	1		—	4520·081	3		
4535·398	8		—	4519·750	4		
4535·027	10	vielleicht zwei Linien, Int. 5	—	4519·511	2		
4534·675	1		—	4519·211	2		
4534·487	2		—	4519·074	1		
4534·292	1		—	4518·665	3		
4534·135	3		—	4518·492	1		
4533·883	3		—	4518·370	1		
4533·569	5		—	4518·181	1		
4533·254	4		—	4518·067	2		
4533·054	1		—	4517·837	2		
4532·762	8		—	4517·635	1		
4532·583	1		—	4517·407	2		
4532·327	4		—	4517·096	3		—
4531·895	1		—	4516·947	3		—
4531·661	3		—	4516·433	2		—
4531·476	1	schwach	—	4516·177	3		—
4531·253	4		—	4515·816	6		—
4530·992	6	stark verbreitert	—	4515·565	4		—
4530·547	6	„	—	4515·320	3		—
4530·190	4		—	4515·127	1		—
4529·995	3		—	4514·888	1		—
4529·785	3		—	4514·667	4		—
4529·564	3		—	4514·472	3		—
4529·347	3		—	4514·244	3		—
4529·252	3		—	4513·707	4		—
4528·967	1		—	4513·399	5		—
4528·655	3		—	4513·118	3		—
4528·340	5	schwaches Band	—	4512·836	1		—
4527·949	1	„	—	4512·650	4		—
4527·809	4	„	—	4512·349	1		—
4527·580	1	verschwommen	—	4512·209	1		—
4527·494	1	„	—	4512·102	1		—
4527·097	4		—	4511·936	3		—
4526·740	2		—	4511·734	1		—
4526·478	3		—	4511·537	1		—
4526·298	1		—	4511·345	2		—
4525·905	4		—	4511·054	6		—
4525·651	2	„	—	4510·791	5		—
4525·535	2	„	—	4510·534	1		—
							—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4510·212	1		—
4510·015	6		—
4509·516	6		—
4508·999	8	stark verbreitert nach beiden Richtungen	—
4508·491	4		—
4508·013	2		—
4507·871	2		—
4507·749	1		—
4507·456	4		—
4507·188	4		—
4507·057	4		—
4506·854	1		—
4506·489	4		—
4506·227	6		—
4505·821	3		—
4505·572	3		—
4505·368	1		—
4505·172	2		—
4504·946	8		—
4504·416	2		—
4504·229	2		—
4503·964	5		—
4503·713	3		—
4503·558	3	verschwommen	—
4503·295	4	scharf	—
4502·917	6		—
4502·730	2		—
4502·509	1		—
4502·325	2		—
4502·106	3		—
4501·943	2		—
4501·762	2		—
4501·333	4		—
4501·191	8		—
4500·922	8		—
4500·578	4		—
4500·439	2		—
4500·128	4		—
4499·766	2		—
4499·579	2		—
4499·400	1		—
4499·274	5		—
4499·052	1		—
4498·873	2		—
4498·645	3		—
4498·480	2		—
4498·149	8		—
4497·888	3		—
4497·672	2		—
4497·524	2		—
4497·330	4		—
4497·203	4		—
4496·995	1		—
4496·828	6		—
4496·566	1		—
4496·462	3		—
4496·373	3		—
4496·178	8		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4495·944	4		—
4495·646	4		—
4495·494	4		—
4495·242	4		—
4495·237	5		—
4494·993	1		—
4494·596	6	breiter schwarzer Streifen	—
4494·508	6		—
4494·023	3		—
4493·807	4		—
4493·637	4		—
4493·281	2		—
4493·045	5		—
4492·805	3		—
4492·679	4		—
4492·310	2		—
4492·187	2		—
4492·096	2		—
4491·835	3		—
4491·472	4		—
4491·289	1		—
4491·110	4		—
4490·806	5		—
4490·579	4		—
4490·375	1	scharf	—
4490·180	5		—
4489·911	4		—
4489·717	1		—
4489·320	10	Mitte gemessen	—
4489·085	8		—
4488·836	2		—
4488·680	1		—
4488·604	1	scharf	—
4488·574	1	„	—
4488·215	6		—
4487·908	6		—
4487·596	8		—
4487·124	3		—
4486·876	6	wahrscheinlich Doppellinie	—
4586·743	3		—
4486·495	5		—
4486·206	5		—
4485·877	2		—
4485·803	2		—
4485·591	6		—
4485·401	6		—
4485·067	5		—
4484·851	5		—
4484·616	5		—
4484·375	5		
4483·891	3	abschraffiert mit feinen Linien	
4483·657	4		
4483·476	2		
4483·289	3		
4483·109	3		4480
4482·835	5		
4482·637	2		
4482·400	4		
4482·219	4		

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4481·983	5		
4481·787	5		
4481·632	5		
4481·412	2		
4481·136	8	stark verbreitert	
4480·912	1		
4480·779	1		
4480·501	8		
4480·262	2		4480
4480·092	2	verbreitert	
4479·782	3		
4479·523	2		
4479·346	2		
4479·265	4		
4479·047	1		
4478·893	1		
4478·647	3		
4478·390	2		—
4478·187	1		—
4478·023	1		—
4478·020	8		—
4477·448	3		—
4477·091	3		—
4476·924	3		—
4476·403	5		—
4476·098	2	„	—
4475·867	2	„	—
4475·558	1		—
4475·373	1		—
4475·223	5		—
4474·910	1		—
4474·757	1		—
4474·598	2		—
4474·281	1		—
4474·178	1		—
4473·899	2	bandartig nach beiden Richtungen verbreitert	—
4473·614	4		—
4473·352	4		—
4473·107	1		—
4472·948	1		—
4472·574	4		—
4472·204	4		—
4472·139	2		—
4471·964	6		—
4471·714	1		—
4471·537	2		—
4471·288	1		—
4471·198	1		—
4470·985	1		—
4470·667	5		—
4470·439	1		—
4470·363	1		—
4470·171	3		—
4470·063	1		—
4469·849	2		—
4469·497	2	bandförmig verbreitert	—
4468·997	3		—
4468·565	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4468·304	2		—
4468·219	2		—
4467·964	3		—
4467·735	3		—
4467·566	1		—
4467·259	2		—
4467·088	3		—
4466·883	1		—
4466·727	1		—
4466·488	2		—
4466·201	2		—
4466·060	2		—
4465·820	2		—
4465·392	3		—
4465·232	2		—
4464·798	3		—
4464·503	3		—
4464·294	1		—
4464·210	1		—
4463·850	4		—
4463·447	2	verwaschen	—
4463·166	2		—
4463·002	1		—
4462·868	1		—
4462·573	2		—
4462·421	1		—
4462·329	1		—
4461·660	3		—
4461·406	2		—
4461·015	4		—
4460·415	4		—
4460·206	2		—
4460·030	3		—
4459·826	1		—
4459·628	1		—
4459·519	1		—
4459·200	2		—
4458·855	3		—
4458·503	4		—
4458·293	4		—
4457·814	3	„	—
4457·634	3	„	—
4457·429	2		—
4457·300	2		—
4457·083	1		—
4456·903	2	„	—
4456·708	2	„	—
4456·523	2	„	—
4456·407	2	„	—
4456·226	1	„	—
4456·118	1	„	—
4455·916	1		—
4455·738	2		—
4455·538	3		—
4455·386	3		—
4455·211	2		—
4455·115	2		—
4454·802	1		—
4454·684	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4454·504	3		—	4439·441	4		—
4454·343	1		—	4438·678	3		—
4454·176	1		—	4438·542	3		—
4454·048	2		—	4437·708	2		—
4453·855	1		—	4437·653	3	scharf	—
4453·459	5		—	4437·148	1		—
4453·306	5		—	4436·906	3		
4453·098	1		—	4436·801	3		
4452·667	4		—	4436·450	1		
4452·303	1		—	4436·196	4		
4452·090	1		—	4435·937	2		
4451·973	1		—	4435·686	2		
4451·751	1	verwaschen	—	4435·598	2		
4451·562	1		—	4435·215	3		
4451·371	3		—	4435·132	3		
4451·073	2	"	—	4434·742	1		
4450·881	3	"	—	4434·596	2		
4450·608	3	"	—	4434·429	1		4435
4450·296	2	"	—	4434·173	1		
4450·029	4		—	4433·997	4		
4449·608	4		—	4433·583	1		
4449·247	4		—	4433·210	1		
4448·993	1		—	4433·123	1		
4448·751	1		—	4432·865	1		
4448·443	1		—	4432·643	2		
4448·112	5		—	4432·085	1		
4447·886	3		—	4431·923	1		
4447·171	2		—	4431·643	2		
4447·017	2		—	4431·349	1	sehr schwach	—
4446·787	1		—	4430·898	1	verbreitert	—
4446·611	2		—	4430·401	2	"	—
4446·437	2		—	4429·955	1	"	—
4446·313	2		—	4429·726	1	"	—
4446·094	1		—	4429·131	1	"	—
4445·916	1		—	4428·792	3		—
4445·567	2		—	4428·421	1		—
4445·476	2		—	4428·030	1		—
4445·161	2		—	4427·714	1	sehr schwach	—
4444·947	2		—	4427·569	1		—
4444·798	2		—	4427·179	1		—
4444·365	1		—	4426·932	2		—
4444·208	2		—			bandartige Streifen, schwach sichtbar	
4443·780	1		—	4426·559	1		—
4443·474	2		—	4425·884	2	verbreitert	—
4443·389	2		—	4425·044	1		—
4443·287	2		—	4424·797	1		—
4442·914	3		—	4424·487	3	"	—
4442·591	4		—	4424·200	1		—
4442·078	1		—	4423·999	1		—
4441·890	1		—	4423·749	1		—
4441·750	2		—	4423·659	2		—
4441·595	3		—	4423·249	1		—
4441·419	2		—	4423·014	1		—
4441·045	1		—	4422·861	1		—
4440·883	2		—	4422·554	1		—
4440·701	2		—	4422·201	3		—
4440·442	3		—	4421·731	1		—
4440·140	1		—	4421·395	1		—
4439·669	3		—	4421·201	1	schwach	—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4420·904	1	verbreitert	—
4420·617	2		—
4420·290	2		—
4419·856	3	„	—
4419·687	1		—
4419·401	1		—
4419·079	1		—
4418·862	2		—
4418·430	3		—
		eine aus schwachen Linien bestehende Bande	
4417·836	1		—
4417·498	3		—
4417·040	1		—
4416·691	2		—
4416·411	2		—
4415·948	1		—
4415·488	1	schwach	—
4415·319	1		—
4415·140	1		—
4414·979	2		—
4414·842	2		—
4414·603	1		—
4414·281	2		—
4414·100	3		—
4413·774	2		—
4413·574	1	sehr schwach	—
4413·421	1		—
4413·139	2		—
4412·896	1		—
4412·548	2		—
4412·373	2		—
4412·001	2		—
4411·682	2		—
4411·448	1		—
4411·178	1	schwach verbreitert	—
4410·920	1		—
4410·745	1		—
4410·630	1		—
4410·293	2		—
4409·907	2		—
4409·705	1		—
4409·494	2		—
4409·319	2		—
4409·107	1		—
4408·602	3		—
4408·178	2		—
4407·892	2		—
4407·798	1		—
4407·400	1		—
4407·171	1		—
4407·019	1		—
4406·874	1	sehr schwach	—
4406·754	2		—
4406·517	3		—
4406·317	1		—
4406·117	2		—
4405·698	2	verbreitert	—
4405·415	1		—
4405·156	2		—
4404·161	4		—
4403·867	1		—
4403·633	4		—
4403·318	1		—
4403·012	2		—
4402·750	1		—
4402·594	1		—
4402·133	4		—
4401·499	4		—
4401·433	1		—
4401·015	2		—
4400·944	2		—
4400·730	2		—
4400·536	3		—
4400·289	2		—
4399·961	2		—
4399·760	1		—
4399·580	2		—
4399·460	2		—
4399·172	1		—
4398·889	2		—
4398·712	2		—
4398·425	5		—
4397·836	1		—
4397·623	6		—
4397·141	1		—
4396·889	4		—
4396·549	2		—
4396·180	4		—
4395·605	4		—
4395·250	1		—
4394·886	6	vielleicht doppelt	—
4394·321	6		—
4394·101	5		—
4393·751	1		—
4393·742	3		—
4393·631	3		—
4393·421	1		—
4393·172	2		—
4392·936	1		—
4392·768	4		—
4392·471	6		—
4392·134	1		—
4391·941	4		—
4391·655	1	sehr schwach	—
4391·479	4		—
4391·306	2		—
4391·005	3		—
4390·751	2		—
4390·331	5		—
4390·099	2		—
4389·919	1		—
4389·574	4		—
4389·155	3		—
4388·858	3		—
4388·495	4		—
4388·144	5		—
4387·842	2		—
4387·636	4		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4387·350	1		—
4387·208	2		—
4386·917	4		—
4386·745	3		—
4386·457	4		—
4385·849	3		—
4385·615	5		—
4385·441	1		—
4385·010	5		—
4384·945	4	nach beiden Richtungen verbreitert	—
4384·661	1		—
4384·355	4		—
4284·125	1	sehr schwach	—
4383·949	3		—
4383·520	3		—
4383·330	2		—
4383·155	1		—
4382·873	4		—
4382·699	3		—
4382·495	3		—
4382·306	1		—
4382·179	2		—
4381·877	4		—
4381·623	3		—
4381·538	2		—
4381·396	2		—
4381·259	1		—
4381·131	2		—
4380·731	6		—
4380·373	6		—
4379·971	3		—
4379·715	3	nach beiden Richtungen verbreitert	—
4379·531	1		—
4379·259	8		—
4379·020	4		—
4378·610	6		—
4378·321	1		—
4378·114	4		—
4377·894	4		—
4377·609	4		—
4377·499	4		—
4377·188	8	verbreitert, wahrscheinlich doppelt, Mitte gemessen	—
4376·867	4		—
4376·710	4		—
4376·423	3	verbreitert, vielleicht doppelt	—
4375·964	4		—
4375·739	4		—
4375·542	4		—
4375·323	3		—
4375·039	4		—
4374·832	4		—
4374·568	3		—
4374·394	1		—
4374·310	1		—
4374·108	4		—
4373·918	2		—
4373·744	2	verbreitert	—
4373·622	5		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4373·477	6	verbreitert	—
4373·065	8		—
4372·531	3		—
4377·289	3		—
4372·059	4		—
4371·754	5		—
4371·461	5		—
4371·254	1		—
4371·004	4		—
4370·696	5		—
4370·396	2		—
4370·326	2		—
4370·059	5		—
4369·859	2		—
4369·613	2		—
4369·299	3		—
4369·113	3		—
4368·685	6		—
4368·418	5		—
4368·266	5		—
4367·951	3		—
4367·746	4	breites Band, verbreitert	—
4367·466	8		—
4367·146	1		—
4366·968	10		—
4366·678	3		—
4366·468	1		—
4366·202	10	Mitte gemessen	—
4365·829	8		—
4365·507	5		—
4365·129	4		—
4364·911	4		—
4364·745	4		—
4364·481	8		—
4364·208	8		—
4363·919	8		—
4863·730	4		—
4363·482	4		—
4363·262	5		—
4362·946	8		—
4362·757	4		—
4362·488	8		—
4362·037	10		—
4361·668	8		—
4361·357	6		—
4361·053	5		—
4360·809	6		—
4360·394	5		—
4360·196	1		—
4660·032	2		—
4359·867	3		—
4359·641	6		—
4359·500	1		—
4359·358	2		—
4359·115	8		—
4358·859	3		—
4358·743	1		—
4358·586	4		—
4358·402	3		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima	Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4358·029	4		—	4345·680	2		—
4357·829	6		—	4345·534	5		—
4357·618	1		—	4345·232	3		—
4357·414	1		—	4345·019	4		—
4357·232	1		—	4344·763	3		—
4356·909	6		—	4344·560	3		—
4356·695	4			4344·339	4		—
4356·469	3			4344·106	6		—
4356·167	6			4343·886	1		—
4355·875	6			4343·674	8		—
4355·677	5			4343·488	8		—
4355·508	6			4343·165	4		—
4355·207	6			4342·966	2		—
4354·973	1			4342·815	2		—
4354·783	2			4342·733	2		—
4354·628	2			4342·391	3		—
4354·474	1			4342·144	2		—
4354·293	3			4341·925	2		—
4354·182	3			4341·818	6		—
4354·074	3			4341·572	1		—
4353·896	1			4341·372	6		—
4353·782	1		4355	4341·056	1		—
4353·560	1			4340·855	6		—
4353·387	2			4340·587	3		—
4353·264	1			4340·439	4		—
4353·052	4			4340·088	6		—
4352·827	4				1	unablesbar	—
4352·527	4			4339·839	6		—
4352·339	1	sehr schwach		4339·421	4		—
4352·197	1			4339·319	4		—
4352·002	2			4339·100	5		—
4351·838	1			4338·907	1		—
4351·709	5			4338·746	3		—
4351·212	1		—	4338·532	2	bandenartig	—
4350·984	4		—	4338·097	6		—
4350·745	1		—	4337·754	2		—
4350·667	1		—	4337·572	1		—
4350·475	2		—	4337·317	2		—
4350·282	1		—	4337·257	2		—
4350·177	3		—	4337·050	1		—
4350·073	3		—	4336·854	2		—
4349·811	2		—	4336·645	8	wahrscheinlich doppelt	—
4349·665	1		—	4336·350	6		—
4349·522	1		—	4336·174	6		—
4349·384	1		—	4335·824	5		—
4349·207	5		—	4335·687	5		—
4348·833	3		—	4335·371	4		—
4348·489	8		—	4335·178	4		—
4348·120	1		—	4334·839	1		—
4347·957	4		—	4334·763	6		—
4347·792	4		—	4334·454	5		—
4347·667	4		—	4334·185	4		—
4347·447	4		—	4334·117	4		—
4347·246	3		—	4333·803	6		—
4347·040	2		—	4333·632	6		—
4346·871	1		—	4333·441	1		—
4346·712	5		—	4333·299	1		—
4346·445	3		—	4332·801	8	vielleicht doppelt	—
4346·061	8		—	4332·783	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4332·618	1		—
4332·381	6		—
4332·145	1		—
4331·962	8		—
4331·623	5		—
4331·310	5		—
4331·108	2		—
4330·990	6		—
4330·687	3		—
4330·541	1		—
4330·252	10	nach beiden Richtungen verbreitert	—
4329·820	8		—
4329·415	5		—
4329·162	5		—
4328·799	5		—
4328·675	5		—
4328·439	4		—
4328·230	1		—
4328·118	2		—
4327·945	4		—
4327·646	6		—
4327·445	6		—
4327·149	8		—
4326·794	1		—
4326·606	2		—
4326·420	3		—
4326·172	5		—
4325·786	1		—
4325·633	1		—
4325·447	3		—
4325·213	1		—
4325·058	2		—
4324·938	4		—
4324·787	4		—
4324·595	1		—
4324·456	2		—
4324·312	3		—
4324·132	1		—
4323·782	5		—
4323·212	3		—
4322·989	3		—
4322·788	2		—
4322·590	3		—
4322·425	3		—
4322·216	3		—
4322·102	2		—
4321·942	1		—
4321·817	1	unscharf	—
4321·726	2		—
4321·624	3		—
4321·422	5		—
4321·217	1		—
4321·158	1		—
4320·925	3		—
4320·795	5		—
4320·692	3		—
4320·328	2		—
4320·164	4		—
4319·884	5		—
4319·614	4		—
4319·416	1		—
4319·225	3		—
4319·085	3		—
4318·907	5		—
4318·636	2		—
4318·485	2		—
4318·310	5		—
4318·009	5		—
4317·790	5		—
4317·258	4		—
4317·155	3		—
4317·062	3		—
4316·969	1		—
4316·753	4		—
4316·491	2		—
4316·225	4		—
4315·943	3		—
4315·740	3		—
4315·478	1		—
4315·255	2		—
4315·020	8		—
4314·814	3		—
4314·573	1		—
4314·267	1	wahrscheinlich doppelt	—
4314·080	6		—
4313·694	2	verschwommen	—
4313·287	8		—
4313·090	1	„	—
4312·800	4		—
4312·643	1		—
4312·459	4		—
4312·202	3		—
4312·019	3		—
4311·773	3		—
4311·614	1		—
4311·361	3		—
4311·158	4		—
4310·959	1		—
4310·869	1		—
4310·627	4		—
4310·427	4		—
4310·078	5		—
4309·752	4		—
4309·495	4		—
4309·264	1		—
4309·075	3		—
4308·797	3		—
4308·556	1		—
4308·376	3		—
4307·904	2		—
4307·795	2		—
4307·470	5		—
4307·250	1		—
4307·122	3		—
4306·888	1		—
4306·680	2		—
4306·427	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4306·272	1		—
4306·084	5		—
4305·844	2		—
4305·606	1		—
4305·304	4		—
4305·009	4		—
4304·772	1		—
4304·599	1		—
4304·455	3	wahrscheinlich Triplet, Mitte gemessen	—
4304·058	3		—
4303·860	3		
4303·688	1	verschwommen	
4303·246	3		
4303·137	3		
4302·883	1		
4302·606	6		
4302·338	1		
4302·182	4		
4301·972	1		
4301·891	1		
4301·688	3		4300
4301·502	1		
4301·320	2		
4301·016	5		
4300·857	1		
4300·701	2		
4300·511	4		
4300·313	2		
4300·179	1		
4300·003	1		
4299·822	1		—
4299·541	2		—
4299·216	4		—
4298·951	3		—
4298·741	1	schwach	—
4298·588	1		—
4298·365	2		—
4298·235	3		—
4297·894	2		—
4297·511	2		—
4297·076	3		—
4296·972	5		—
4296·662	3		—
4296·325	1		—
4296·318	3		—
4295·875	5		—
4295·598	3	verbreitert	—
4295·353	3		—
4295·135	1		—
4294·839	5		—
4294·503	4	„	—
4294·310	2		—
4294·164	1		—
4293·895	1		—
4293·768	3		—
4293·484	5		—
4293·039	2		—
4292·939	4		—
4292·409	3		—
4292·239	3		—
4291·995	3		—
4291·668	2		—
4291·428	3		—
4291·210	1		—
4291·043	5		—
4290·762	1		—
4290·591	3		—
4290·421	1		—
4290·281	1		—
4290·145	1		—
4289·979	2		—
4289·763	4		—
4289·435	2		—
4289·214	3		—
4289·083	3		—
4288·880	1		—
4288·781	2		—
4288·549	2		—
4288·397	1		—
4288·176	4		—
4287·956	1	stark verbreitert	—
4287·725	4		—
4287·491	3		—
4287·305	1		—
4287·151	1		—
4286·770	2	verbreitert	—
4286·620	2	„	—
4286·419	1		—
4286·250	3		—
4285·986	5		
		dunkles, gestreift erscheinendes Band	—
4285·144	4		—
4284·795	3	verbreitert, unscharf	—
4284·386	2	verbreitert	—
4284·169	2	„	—
4283·967	4		—
4283·627	3		—
4283·204	2		—
4282·832	2		—
4282·615	1		—
4282·483	3		—
4282·169	2		—
4282·059	2		—
4281·908	3		—
4281·676	2		—
4281·342	2		—
4281·128	2		—
4280·798	3		—
4280·626	1		—
4280·480	2		—
4280·253	3		—
4280·107	1		—
4279·909	2		—
4279·561	3	nach beiden Richtungen stark verbreitert	—
4279·183	2		—
4279·075	2		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4278·730	2		—
4278·566	2		—
4278·473	1		—
4278·246	4		—
4277·911	2	verbreitert	—
4277·719	5		—
4277·500	2		—
4277·313	2		—
4276·929	1		—
4276·758	2		—
4276·591	2		—
4276·312	4		—
4276·205	4		—
4275·906	3	„	—
4275·658	1		—
4275·522	1		—
4275·297	3		—
4275·087	1	„	—
4274·877	2	„	—
4274·752	1	„	—
4274·175	4		—
4273·957	2		—
4273·602	1		—
4273·423	3		—
4273·285	3		—
4272·880	1		—
4272·805	1	verschwommen	—
4272·567	2		—
4272·369	2		—
4272·254	2		—
4271·540	2		—
4271·345	2		—
4271·078	1		—
4270·811	3	verbreitert	—
4270·511	4	scharf	—
4270·083	2	verbreitert	—
4269·832	2		—
4269·623	4	vielleicht Doppellinie	—
4269·432	3		—
4269·223	1		—
4268·996	1		—
4268·743	1	verbreitert	—
4268·570	4		—
4268·239	4		—
4268·007	1		—
4267·846	1		—
4262·676	1		—
4267·411	3	„	—
4267·195	1		—
4266·996	1	scharf	—
4266·819	2	verbreitert	—
4266·400	3		—
4265·986	3		—
4265·913	2		—
4265·685	2		—
		hier liegt ein unmessbares Band	
4265·439	4		—
4265·258	1		—
4264·991	3		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4264·784	1		—
4264·565	1		—
4264·329	3	verschwommen	—
4264·141	2		—
4264·029	1		—
4263·892	2		—
4263·671	2	scharf	—
4263·551	1	verschwommen	—
4263·256	4		—
4263·133	1		—
4262·758	2		—
4262·490	4		—
4262·212	1		—
4261·966	2		—
4261·759	2		—
4261·407	3		—
4260·963	2		—
4260·756	1		—
4260·639	2		—
4260·222	2		—
4259·967	1		—
4259·804	2		—
4259·678	3		—
4259·499	2		—
4259·335	1		—
4259·019	3		—
4258·897	1		—
4258·681	1		—
4258·532	1		—
4258·273	3		—
4258·086	2		—
4257·843	4		—
4257·616	2		—
		ein Band	
4257·275	5		—
4257·026	1		—
4256·944	1		—
4256·699	2	verbreitert, Mitte gemessen	—
4256·493	2		—
4256·115	2	stark verbreitert, Mitte gemessen	—
4255·842	3		—
4255·662	1	scharf	—
4255·580	1	„	—
4255·287	3	verbreitert	—
4254·953	2		—
4254·815	1		—
4254·625	2		—
4254·405	3		—
4254·102	3		—
4253·960	3		—
4253·282	5		—
4253·108	2		—
4252·884	3		—
4252·594	1		—
4252·402	1		—
4252·274	2		—
4252·164	2		—
4251·962	3		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4251·643	1		—
4251·510	4	in der Mitte befindet sich ein Band	—
4251·273	3		—
4250·795	1		—
4250·679	1		—
4250·595	2		—
4250·289	1		—
425.·982	1		—
4249·850	3		—
4249·631	1		—
4249·280	2		—
4248·921	2		—
4248·655	4		—
4248·479	1		—
4248·215	1		—
4248·109	3		—
4248·012	3	Band auf gleichmässig dunklem Grunde	—
4247·817	1	verbreitert	—
4247·580	2		—
4246·998	2		—
4246·789	3		—
4246·597	2		—
4246·317	2		—
4246·052	1		—
4245·901	4		—
4245·704	1		—
4245·677	4		—
4245·156	3		—
4245·006	2		—
4244·843	1		—
4244·783	1		—
4244·566	2		—
4244·395	1		—
4244·228	2		—
4243·944	2	verbunden durch ein Band	—
4243·725	3		—
4243·540	2		—
4243·311	1	verschwommen	—
4243·201	1	„	—
4242·986	3		—
4242·733	1		—
4242·554	2		—
4242·350	2	verbreitert	—
4242·081	2		—
4241·901	2		—
4241·745	3		—
4241·595	1		—
4241·462	4		—
4241·192	1		—
4241·068	2		—
4240·835	3		—
4240·583	2		—
4240·339	8		—
4239·840	3	durch ein Band verbunden	—
4239·288	3		—
4238·976	4	verbreitert	—
4238·769	3		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4238·557	4		—
4238·187	4		—
4237·894	4		—
4237·608	4		—
4237·402	1		—
4237·164	4		—
4236·857	5		—
4236·581	3		—
4236·392	2		—
4236·234	1		—
4235·812	2		—
4235·766	2		—
4235·625	4		—
4235·363	1		—
4235·058	4		—
4234·629	3		—
4234·358	3		—
4234·164	6	breites scharfes Band	—
4233·968	6		—
4233·677	1		—
4233·453	3		—
4233·266	1		—
4233·148	2		—
4232·921	2	verbunden durch ein dunkles Band	—
4232·766	2		—
4232·415	8		—
4232·100	6		—
		mehrere schwache abschattierte Linien	
4231·458	4		—
4231·322	2		—
4231·111	4		—
4230·841	4		—
4230·642	2		—
4230·539	1		—
4230·341	6		—
4229·969	8		—
4229·668	1		—
4229·427	1		—
4229·062	8		—
4228·860	3		—
4228·656	4		—
4228·304	4		—
4228·260	1		—
4228·017	3		—
4227·770	2		—
4227·562	5		—
4227·256	4		—
4226·903	3		—
4226·727	3		—
4226·564	4		—
4226·446	3		—
4226·344	1		—
4226·142	1		—
4225·920	3		—
4225·745	4		—
4225·434	6		—
4225·087	5		—
4224·887	4		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4224·679	1		—
4224·609	1	heben sich auf dunklem Grunde ab	—
4224·382	4		—
4224·115	4		—
4223·913	2		—
4223·702	5		—
4223·369	5		—
4223·256	4		—
4223·041	1		—
4222·810	2		—
4222·667	3		—
4222·480	4		—
4222·221	3		—
4222·150	3		—
4221·966	1	schwach	—
4221·811	8	vielleicht 4	—
4221·592	1		—
4221·423	8		—
4221·221	1		—
4220·990	8		—
4220·660	2		—
4220·588	5		—
4220·311	8		—
4220·074	4		—
4219·881	3	wahrscheinlich Doppellinie	—
4219·647	5		—
4219·411	4		—
4219·266	3		—
4319·105	2		—
4218·718	4		—
4218·544	4		—
4218·282	8	vielleicht doppelt	—
4218·044	3		—
4217·905	1		—
4217·736	5		—
4217·534	2		—
4217·374	1		—
4217·219	4		—
4216·962	1		—
4216·809	4		—
4216·682	5	ein dickes breites Band	—
4216·451	4		—
4216·269	3		—
4216·070	8		—
4215·841	1		—
4215·669	2		—
4215·539	6		—
4215·272	4		—
4215·189	4		—
4214·656	8	Band, dunkler Grund	—
4214·106	5		—
4213·799	5		—
4213·513	4		—
4213·186	3		—
4212·990	1		—
4212·796	4		—
4212·646	4		—
4212·404	4		—
4212·232	4		—
4211·901	3		—
4211·763	2		—
4211·610	2		—
4216·450	2		—
4211·343	2		—
4211·256	2		—
4211·051	3		—
4210·943	3		—
4210·758	3		—
4210·650	3		—
4210·453	2		—
4210·324	2		—
4210·139	1		—
4210·006	3		—
4209·745	5		—
4209·519	4		—
4209·287	4		—
4209·011	5		—
4208·729	5		—
4208·499	3	verbreitert	—
4208·299	2		—
4207·946	6		—
4207·702	4		—
4207·525	5		—
4207·311	5		—
4207·144	3		—
4206·822	5		—
4206·609	3		—
4206·409	2		—
4206·235	3		—
4205·962	4		—
4205·778	2		—
4205·592	4		—
4205·326	6		—
4205·037	2		—
4204·827	5		—
4204·543	5		—
4204·134	2		—
4203·907	4		—
4203·798	4		—
4203·563	3		—
4203·454	3		—
4203·279	1		—
4203·162	1		—
4203·045	2		—
4202·888	4		—
4202·700	4		—
4202·378	3		—
4201·910	5		—
4201·514	6		—
4201·291	1		—
4201·184	1		—
4200·986	8		—
4200·553	1		—
4200·423	3		—
4200·205	5		—
4199·853	4		—
4199·660	3		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4199·431	3		—
4199·139	3		—
4198·881	2		—
4198·698	1		—
4198·459	6		—
4198·272	4		—
4197·917	4		—
4197·730	2		—
4107·587	1		—
4197·461	2		—
4197·297	3		—
4197·075	8		—
4196·815	8		—
4196·581	4		—
4196·392	1		—
4196·227	4		—
4196·072	6	auf dunklem Grunde	—
4195·616	8		—
4195·347	4		—
4194·968	1		—
4194·862	1		—
4194·697	3		—
4194·482	4		—
4194·308	3		—
4194·194	1		—
4194·021	1		—
4193·865	4		—
4193·720	4		—
4193·494	2		—
4193·274	3		—
4193·128	1		—
4193·032	1		—
4392·847	3		—
4192·596	4		—
4192·313	4		—
4192·135	3		—
4191·946	2		—
4191·660	5		—
4191·347	4		—
4191·211	1		—
4190·980	5		—
4190·802	1		—
4190·730	1		—
4190·319	6	Band mit zahlreichen feinen Linien	—
4190·131	3		—
4189·907	6		—
4189·716	1		—
4189·552	5		—
4189·283	4		—
4189·039	3		—
4188·816	4		—
4188·614	2	verbreitert	—
4188·290	5		—
4188·079	2		—
4187·787	5		—
4187·622	5		—
4187·422	3		—
4187·259	1		—
4187·197	4		—
4186·936	1		—
4186·839	4		—
4186·637	3		—
4186·438	2		—
4186·296	4		—
4186·075	4		—
4185·887	3		—
4185·747	2		—
4185·632	1		—
4185·479	3		—
4185·379	3		—
4185·245	6		—
4184·882	3		—
4184·728	8		—
4184·461	1		—
4184·390	1		—
4184·270	2	stark verbreitert, vielleicht doppelt	—
4183·846	3		—
4183·713	4		—
4183·478	4		—
4183·330	6		—
	1	einige Linien auf dunklem Grunde, nicht ablesbar	
4183·031	5		—
4182·807	2		—
4182·619	3		—
4182·364	2		—
4182·132	3		—
4181·974	2		—
4181·761	3	scharf	—
4181·583	2		—
4181·370	5	stark	—
4181·188	2		—
4181·048	2		—
4180·795	4	verbreitert	—
4180·648	1		—
4180·540	1		—
4180·355	1		—
4180·198	3		—
4179·951	8		—
4179·657	4		—
4179·376	8		—
4178·856	3	auf dunklem Grunde	—
4178·696	5		—
4178·322	4		
4178·184	1		
4178·102	1		
4178·031	1		
4177·718	4		
4177·536	3		
4177·389	2		
4177·264	1		4175
4176·995	2		
4176·837	6		
4176·505	3		
4176·348	6		
4175·982	3		
4175·756	6	verbreitert, vielleicht doppelt	

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4175·492	2		
4175·413	1	Band auf dunklem Grunde	
4175·293	1		
4175·119	4		
4174·759	4		4175
4174·580	5		
4174·312	4	verbreitert	
4174·096	4		
4173·933	1		—
4173·702	2		—
4173·546	1		—
4173·357	2	sehr schwach auf dunklem Grunde	—
4173·040	1		—
4172·781	4		—
4172·530	6		—
4172·318	3		—
4172·085	1		—
4171·918	3		—
4171·755	4		—
4171·549	2		—
4171·337	2		—
4170·955	6		—
4170·662	3		—
4170·364	8		—
4170·242	3		—
4169·932	5		—
4169·771	1		—
4169·567	6		—
4169·193	3	verbreitert	—
4168·973	3		—
4168·801	4		—
4168·608	1		—
4168·377	1		—
4168·221	6		—
4167·832	5		—
4167·700	1		—
4167·522	4		—
4167·316	3		—
4167·028	5		—
4166·890	3		—
4166·658	4		—
4166·485	3		—
4166·323	2		—
4166·200	4		—
4165·916	2		—
4165·683	4		—
4165·473	5		—
4165·270	4		—
4165·146	4		—
4164·956	1		—
4164·807	1		—
4164·611	3		—
4164·416	3		—
4164·247	6		—
4164·094	4		—
4163·755	4		—
4163·532	4		—
4163·285	6		—
4162·941	4		—
4162·729	3		—
4162·638	3		—
4162·442	1		—
4162·332	5		—
4161·971	1		—
4161·858	5		—
4161·682	1		—
4161·572	4		—
4161·308	1		—
4161·173	4		—
4160·971	3		—
4160·880	3		—
4160·734	1		—
4160·559	2		—
4160·377	1		—
4160·199	3		—
4160·034	4		—
4159·781	1		—
4159·670	3		—
4159·576	3		—
4159·476	3		—
4159·365	1		—
4159·039	6		—
4158·764	3		—
4158·631	4		—
4158·223	3		—
4158·129	3		—
4157·887	4		—
4157·566	8		—
4157·173	2		—
4156·922	6		—
4156·651	1		—
4156·485	1		—
4156·240	3		—
4156·126	3		—
4155·951	1		—
4155·756	4		—
4155·569	3		—
4155·272	1		—
4155·164	4		—
4155·034	2	verschwommen	—
4154·747	2		—
4154·672	3		—
4154·362	5		—
4153·979	5		—
4153·709	1		—
4153·497	5		—
4153·168	3		—
4153·009	1		—
4152·818	2		—
4152·640	3		—
9152·391	3		—
4152·215	3		—
4152·105	3		—
4151·886	3		—
4151·622	4		—
4151·410	3		—
4151·185	1		—

Eder und Valenta			Salet Lage der Maxima
4151·011	2		—
4150·881	2		—
4150·758	1		—
4150·589	3		—
4150·493	3		—
4150·285	4		—
4150·009	1		—
4149·890	4	mit einander verwaschen, undeutlich	—
4149·734	3		—
4149·498	1	sehr schwach	—
4149·406	1	schwach	—
4149·205	1		—
4649·042	2		—
4148·905	3		—
4148·595	5		—
4148·227	6		—
4148·051	1		—
4147·897	3		—
4147·671	6	ganz mit einander verwaschen	—
4147·525	6		—
4147·173	1		—
4147·025	3	verlaufend	—
4146·862	3		—
4146·640	2	verbreitert	—
4146·469	1		—
4146·311	2		—
4146·099	3		—
4145·890	1		—
4145·642	5		
4145·323	1		
4145·176	1		
4145·038	2		
4144·733	2		
4144·310	4		
4143·507	1		
4143·179	1		
4143·001	3		
4142·784	3		
4142·796	2		
4142·672	2		
4142·397	4	nach beiden Richtungen verbreitert	4145
4142·046	2		
4141·787	3		
4141·583	2		
4141·317	4	„	
4141·138	1		
4140·911	1		
4140·701	4	„	
4140·389	4		
4140·017	3	Band bildend, nach beiden Richtungen verbreitert	
4139·836	3		
4139·596	2		
4139·435	2		—
4139·224	2		—
4138·969	3		—
4138·842	4		—
4138·249	1		—
4138·019	2		—
4137·829	1		—
4137·709	1		—
4137·469	5		—
4137·055	1		—
4136·928	2		—
4136·856	1		—
4136·701	2		—
4136·535	3		—
4136·202	3		—
4136·016	2	nach beiden Richtungen verbreitert	—
4135·854	1		—
4135·672	3		—
4135·175	3		—
4134·987	3		—
4134·755	1		—
4134·570	2		—
4134·359	4		—
4134·060	2		—
4133·852	1		—
4133·701	2		—
4133·511	2		—
4133·359	1	stark	—
4133·268	1	schwach	—
4132·923	1		—
4132·714	2	verbreitert, unscharf	—
4132·432	3		—
4131·964	3	verbreitert	—
4131·717	1		—
4131·575	2		—
4131·343	3		—
4131·131	3		—
4130·785	1	sehr schwach	—
4130·684	1		—
4130·555	1	„	—
4130·427	1		—
4130·280	1		—
4130·112	1		—
4129·894	1		—
4129·653	1		—
4129·387	3		—
4129·148	1		—
4128·915	2	verbreitert	—
4128·666	1		—
4128·539	1		—
4128·406	1		—
4128·262	4	abschattiert mit drei schwachen, nicht messbaren Linien	—
4127·939	1		—
4127·795	3		—
4127·472	1		—
4127·274	2		—
4127·120	1	sehr schwach	—
4126·994	1		—
4126·806	2		—
4126·604	1		—
4126·402	1		—
4126·205	1	„	—
4126·057	1		—

Eder und Valenta		
4125·830	2	
4125·459	3	
4125·065	3	
4124·859	2	
4124·694	2	
4124·443	2	
4124·243	3	verbreitert
4124·071	1	
4123·949	2	
4123·789	1	sehr schwach
4123·582	1	„
4123·457	4	
4123·298	1	schwach
4123·109	1	
4122·863	2	
4122·721	2	
4122·565	1	
4122·146	4	
4121·881	1	
4121·541	1	
4121·352	1	
4121·098	3	dunkles Band
4120·735	3	
4120·534	2	
4120·340	4	
4120·176	1	
4120·051	1	
4119·759	1	
4119·624	1	
4119·371	2	
4118·950	2	
4118·862	3	
4118·445	1	
4118·311	2	
4118·059	3	
4117·852	4	
4117·587	3	
4117·423	4	
4117·107	2	
4116·874	1	
4116·731	3	
4116·408	2	verbreitert
4116·084	3	
4115·760	4	
4115·529	3	
4115·170	3	
4114·983	1	
4114·743	2	
4114·435	3	doppelt, als einfache Linie gemessen, nach beiden Richtungen verbreitert
4114·086	6	
4113·730	3	„
4113·448	4	
4113·208	4	
4113·031	1	schwach
4112·895	1	
4112·640	4	
4112·411	2	
4112·277	1	stark

Eder und Valenta		
4111·132	1	schwach
4111·953	2	
4111·791	3	
4111·635	3	
4111·449	1	
4111·231	3	sehr stark verbreitert nach beiden Richtungen
4111·037	1	
4110·774	4	
4110·537	3	
4110·368	3	
4110·058	6	stark verbreitert, vielleicht doppelt
4109·722	2	
		nicht messbare Linie
4109·109	3	
4108·839	3	
4108·514	2	
4108·322	2	
4108·026	2	
4107·801	4	
4107·595	1	
4107·493	1	
4107·283	3	
4106·785	8	
4106·291	2	verschwommen
4106·066	1	
4105·929	2	
4105·684	1	
4105·572	2	
4105·375	2	
4105·133	2	
4105·032	2	
4104·868	1	
4104·729	2	
4104·607	1	sehr schwach
4104·488	2	
4104·351	2	
4104·166	3	
4103·958	1	„
4103·694	4	
4103·407	4	
4103·140	2	
4102·973	2	
4102·755	1	
4102·585	4	
4102·410	1	
4102·261	1	
4102·086	3	
4101·892	1	
4101·711	3	
4101·390	3	
4101·199	4	
4101·000	1	
4100·743	4	
4100·484	1	
4100·264	2	
4100·063	3	
4099·893	1	„
4099·649	1	
4099·479	3	

Eder und Valenta		
4099·403	3	
4099·214	3	
4098·985	4	
4098·724	4	
4098·526	1	
4098·349	5	
4098·048	3	verschwommen
4097·704	6	
4097·443	1	
4097·262	2	
4097·095	3	
4096·905	4	
4096·634	1	
4096·433	4	
4096·095	4	
4095·972	4	
4095·728	3	
4095·332	3	
4095·184	4	
4094·941	1	
4094·868	1	
4094·660	4	
4094·475	1	
4094·369	4	
4093·928	4	
4093·724	1	
4093·477	4	
4093·265	4	
4093·189	4	
4092·971	2	
4092·799	3	
4092·678	3	
4092·430	1	
4092·242	2	
4091·974	4	
4091·768	4	
4091·418	4	wahrscheinlich doppelt, verbreitert
4091·229	1	
4091·059	3	
4000·589	4	
4090·493	4	
4090·302	3	
4089·954	2	verbreitert
4089·677	2	
4089·442	1	
4089·283	3	
4089·127	4	
4088·879	3	
4088·611	4	
4088·355	1	
4088·205	2	
4088·092	3	
4087·807	8	
4087·547	5	
4087·333	1	
4087·175	4	
4086·914	4	
4086·734	4	
4086·490	4	

Eder und Valenta		
4086·359	4	
4086·134	3	
4085·909	2	
4085·714	4	
4085·445	8	bilden ein Band
4085·193	8	
4084·950	1	
4084·820	2	
4084·654	2	
4084·356	8	
4084·103	3	
4083·921	1	
4083·810	3	
4083·590	5	
4083·264	5	
4083·115	3	
4082·873	5	wahrscheinlich Doppellinie
4082·581	5	
4082·298	4	
4082·180	4	
4081·999	4	
4081·833	2	verbreitert
4081·577	5	
4081·384	1	
4081·193	5	
4080·977	5	
4080·786	3	
4080·539	6	
4080·157	6	
4079·841	2	
4079·648	1	
4079·506	2	
4079·375	3	
4079·197	4	
4078·950	4	
4078·870	4	
4078·621	3	
4078·442	3	
4078·246	2	„
4078·084	3	
4077·887	1	
4077·792	1	
4077·693	1	sehr schwach
4077·581	3	
4077·437	1	
4077·170	10	vielleicht zwei 5-Linien, Mitte gemessen
4076·754	5	
4076·497	3	
4076·400	3	
4076·194	3	
4075·963	1	
4075·745	6	
4075·555	3	
4075·373	2	
4075·208	3	
4075·076	4	
4074·877	1	
4074·793	2	
4074·601	3	

Eder und Valenta		
4074·379	4	
4074·193	4	
4073·869	1	
4073·720	1	
4073·471	3	
4073·224	1	
4073·082	3	
4072·976	1	
4072·816	3	
4072·646	3	
4072·538	3	
4072·319	2	
4072·181	2	
4072·082	1	
4071·668	4	
4071·522	1	
4071·370	3	
4071·198	4	
4070·965	4	
4070·808	3	
4070·582	4	
4070·269	5	
4070·039	1	
4069·950	1	
4069·722	5	
4069·399	4	
4069·062	5	
4068·688	2	
4068·432	6	
4068·015	5	verbreitert
4067·810	2	
4067·675	1	
4067·529	3	
4067·355	3	
4067·132	5	
4066·838	5	stark verbreitert
4066·593	5	verbreitert
4066·279	2	
4066·009	2	
4065·893	1	
4065·521	6	
4065·447	4	
4065·259	4	
4065·060	3	
4064·916	2	
4064·733	2	
4064·524	1	
4064·372	2	
4064·201	4	
4064·067	3	
4063·373	10	
4063·181	8	
4062·933	2	
4062·757	2	
4062·514	3	Doppellinie, Mitte gemessen
4062·286	3	
4062·197	3	
4661·961	1	
4061·727	8	verbreitertes Band

Eder und Valenta		
4061·416	2	
4061·177	4	
4060·956	3	
4060·801	2	
4060·624	3	
4060·343	5	
4060·226	3	
4060·099	1	
4059·962	1	
4059·787	6	
4059·623	2	
4059·496	2	
4059·417	2	
4059·128	3	
4058·996	2	
4058·855	3	
4058·709	4	
4058·553	5	
4058·239	5	
4058·069	1	
4057·923	1	
4057·865	1	
4057·644	5	
4057·397	3	
4057·123	2	
4056·958	5	
4056·708	3	
4056·454	4	
4056·331	1	
4056·046	1	
4055·883	8	
4055·676	3	
4055·580	2	
4055·325	5	
4055·159	3	
4054·999	2	
4054·794	4	
4054·609	3	
4054·435	3	
4055·296	3	
4054·157	2	
4053·896	4	
4053·768	4	
4053·523	3	
4053·304	6	
4053·162	3	
4052·964	3	
4052·844	3	
4052·639	4	
4052·482	4	
4052·220	4	
4052·029	4	
4051·900	1	
4051·631	5	
4051·386	8	
4051·178	8	
4050·925	4	
4050·807	4	
4050·584	4	

Eder und Valenta		
4050·432	3	
4050·285	4	
4050·065	4	
4049·812	4	bilden ein dickes Band
4049·628	4	
4049·413	3	
4049·272	1	
4049·009	5	
4048·803	1	
4048·605	2	
4048·341	4	
4048·016	4	bilden ein Band, in dem die Linien kaum sichtbar sind
4047·842	3	
4047·699	3	
4047·448	3	
4047·303	2	
4047·144	2	
4046·942	3	
4046·833	3	
4046·637	3	
4046·401	4	
4046·142	4	
4045·629	3	
4045·432	1	
4045·325	1	
4045·075	5	
4044·690	3	
4044·546	3	
4044·248	3	
4044·077	2	
4043·932	2	
4043·723	2	
4043·531	2	
4043·293	2	
4043·125	2	
4042·900	1	
4042·586	2	
4042·484	2	
4042·315	5	
4042·040	1	
4041·939	1	
4041·850	1	
4041·668	3	
4041·252	6	
4041·065	1	
4040·930	2	
4040·693	3	
4040·575	3	zu einem Bande vereinigt
4040·560	3	
4040·290	2	
4040·004	4	
4039·802	2	
4039·521	5	
4039·331	2	
4039·062	4	
4038·859	4	vielleicht Doppellinie
4038·620	3	
4038·330	3	

Eder und Valenta		
4038·296	4	bandartig verbreitert
4038·085	3	
4037·915	1	
4037·751	1	
4037·546	4	
4037·281	6	
4037·018	1	
4036·638	1	
4036·631	3	breite, bandförmige Linie, Mitte gemessen, vielleicht zwei Linien
4036·125	1	
4035·989	1	
4035·910	1	
4035·783	3	
4035·675	3	
4035·413	1	
4035·147	4	
4037·967	2	
4034·714	4	
4034·538	1	
4034·332	4	
4034·061	5	
4033·772	5	
4033·440	5	
4033·142	4	
4033·928	4	
4032·689	3	
4032·533	2	
4032·389	4	
4032·216	1	
4032·069	3	
4031·892	3	
4031·785	1	
4031·629	1	
4031·330	4	
4031·121	4	
4030·698	4	
4030·392	5	
4030·142	3	
4030·014	3	
4029·797	3	
4029·473	3	
4029·276	3	
4029·209	2	
4029·022	2	
4028·944	2	
4028·735	4	
4028·394	4	
4028·292	1	
4028·033	4	
4027·904	4	
4027·702	3	
4027·552	3	
4027·434	3	
4027·283	3	
4026·991	5	
4046·743	5	
4026·369	5	
4026·072	5	

Eder und Valenta		
4025·847	2	
4025·699	1	
4025·527	1	
4025·293	5	
4025·109	5	
4024·806	1	
4024·570	5	
4024·303	3	
4024·120	2	
4023·928	2	
4023·776	3	
4023·692	3	
4023·459	2	
4023·240	3	
4022·975	3	
4022·794	2	scharf
4022·619	4	
4022·310	4	
4022·152	3	
4021·842	4	
4021·630	1	
4021·490	3	
4021·287	1	
4021·197	2	
4020·966	3	
4020·700	4	
4020·536	2	
4020·346	3	
4020·119	2	
4020·008	2	
4019·752	2	
4019·463	3	
4019·175	1	
4018·996	1	
4018·794	1	
4018·670	2	
4018·495	2	
4018·244	3	
4018·106	1	
4017·916	1	
4017·742	1	
4017·505	1	
4017·332	3	
4017·056	2	
4016·862	1	
4016·714	2	
4016·416	2	
4016·295	1	
4016·145	4	
4015·689	3	
4015·460	1	
4015·376	1	
4015·104	3	verwaschen
4014·833	1	
4014·743	1	
4014·519	3	
4014·337	1	
4014·183	2	
4014·024	1	

Eder und Valenta		
4013·600	2	verschwommen
4013·347	2	„
4013·054	3	
4012·891	1	
4012·724	1	
4012·567	3	
4012·450	1	
4012·283	1	
4012·161	1	verschwommenes Band
4012·041	1	
4011·676	2	
4011·463	4	
4011·209	2	
4011·103	3	
4010·896	1	
4010·792	2	
4010·670	1	sehr schwach
4010·473	1	
4010·280	1	
4010·119	2	
4009·701	2	
4009·508	2	
4009·133	2	
4008·751	5	
4008·521	2	
4008·193	4	
4008·016	3	
4007·738	1	schwach
4007·528	3	
4007·364	3	
4007·196	1	
4007·064	1	
4006·865	3	
4005·749	3	
4006·566	2	
4005·397	3	
4006·176	3	
4005·787	2	
4005·574	2	
4005·196	1	
4005·040	4	
4004·895	2	
4004·610	1	
4004·470	2	
4004·388	2	
4004·239	1	
4004·113	1	
4003·968	2	
4003·793	2	
4003·477	2	
4003·251	3	
4003·073	1	
4002·946	1	
4002·755	1	
4002·494	4	
4002·271	3	
4002·301	2	
4002·112	1	
4001·959	1	

Eder und Valenta			Eder und Valenta		
4001·681	3		3987·772	1	
4001·493	2		3997·619	2	
4001·347	2		3987·288	3	
4001·107	3		3987·057	1	
4000·955	1		3986·891	1	
4000·645	8	verbreitert	3986·749	2	
4000·286	1		3986·558	2	
4000·066	2		3986·331	2	
3999·835	2		3986·016	2	
3999·733	2		3985·862	3	
3999·637	4		3985·394	4	
3999·432	1		3985·205	4	
3999·243	2		3984·843	3	nach beiden Richtungen mit Schraffen abschattirt
3999·125	1		3984·549	1	
3998·925	2		3984·385	1	
3998·721	5		3984·247	4	
3998·545	1		3984·000	2	
3998·340	3		3983·750	2	
3998·026	3		3983·591	1	
3997·868	1		3983·339	2	
3997·699	2		3983·129	1	
3997·376	2		3982·875	4	
3996·778	2		3982·567	4	
3996·506	2		3982·479	2	
3996·314	2		3982·043	3	
3995·851	2		3981·822	3	
3995·722	2		3981·510	4	verbreitert
3995·535	2		3981·275	1	
3995·339	2		3980·976	3	
3995·104	2		3980·743	1	
3994·846	4		3980·388	4	
3994·656	2		3980·176	1	
3994·355	1		3979·946	4	
3994·174	2		3979·553	2	
3993·991	1		3979·374	4	
3993·667	2		3979·234	4	
3993·596	3		3978·909	2	
3993·407	4		3978·624	2	
3993·133	1		3978·106	5	
3992·954	1		3977·693	3	
3992·757	2		3977·384	1	
3992·421	2		3977·117	1	
3992·048	3		3976·941	1	
3991·795	1		3976·758	4	
3997·502	3		3976·483	1	
3991·239	1		3976·323	2	
3991·040	1		3976·163	1	
3990·829	4		3975·930	1	
3990·518	2		3975·834	3	
3990·239	2		3975·711	1	
3989·935	1		3975·460	3	
3989·756	3		3975·192	1	
3989·444	2		3975·007	2	
3989·153	2		3974·780	3	
3989·023	1		3974·532	1	
3988·764	2		3974·386	1	
3988·550	2		3974·212	1	
3988·322	2		3974·034	3	
3987·955	2				

Eder und Valenta			Eder und Valenta		
3973·716	2		3961·307	2	
3973·516	1		3961·162	1	
3973·322	2		3961·019	2	
3973·190	1		3960·857	1	
3973·012	3		3960·678	2	
3972·808	3	zwischen diesen Linien sind schwach angedeutete bandenartige Schraffierungen	3960·579	1	
3972·584	1		3960·398	4	
3972·321	3		3960·243	1	
3972·131	2		3960·119	3	
3971·907	1		3959·931	2	
3971·762	3		3959·806	1	
3971·542	2		3959·707	1	
3971·282	3		3959·497	2	
3970·929	4		3959·387	1	
3970·710	2		3959·260	1	
3970·504	3		3959·097	4	
3970·191	1		3958·898	1	
3970·008	4		3958·794	2	
3969·816	2		3958·557	2	
3969·736	1		3958·303	5	
3969·529	1		3958·014	1	
3969·268	1		3957·843	3	
3969·072	1		3957·665	4	
3968·955	3		3957·393	2	
3968·489	3		3957·144	4	
3968·375	1		3956·965	3	
3968·245	1		3956·363	3	
3968·096	1		3956·161	1	scharf
3967·938	2		3955·954	1	"
3967·721	2		3955·700	4	
3967·548	2		3955·461	1	
3967·280	3	verbreitert	3955·203	4	
3967·072	3		3954·943	4	
3966·818	2		3954·755	1	schwach
3966·631	2		3954·404	4	
3966·450	3		3954·179	2	
3966·257	2		3954·069	2	
3966·083	2		3953·912	1	"
3965·892	4		3953·782	2	
3965·714	1		3953·608	3	
3965·511	4		3953·495	.1	"
3965·294	2		3953·309	1	
3965·153	2		3953·129	3	
3964·777	3		3925·908	3	
3964·553	4		3952·647	1	Mitte gemessen, Doppellinie
3964·385	1		3952·308	2	
3964·248	3		3952·071	2	
3963·937	3	gleichmässig abfallend, scharf, Mitte gemessen	3951·837	2	
3963·602	1		3951·500	3	
3963·435	4		3951·206	3	
3963·481	4		3950·978	2	
3963·077	1		3950·673	4	wahrscheinlich Doppellinie
3962·789	3		3950·329	4	
3962·508	3		3950·158	4	
3962·176	5		3949·849	3	
3961·891	1		3949·609	3	
3961·759	2		3949·489	2	
3961·615	3		3949·258	4	
			3948·961	4	

Eder und Valenta			Eder und Valenta		
3948·687	4		3930·106	2	
3948·502	4		3929·691	3	
3948·364	4		3929·461	1	
3948·139	1		3928·856	4	verbreitert
3948·009	2		3928·403	2	
3947·735	4		3927·573	2	
3947·491	1		3927·274	2	
3947·336	2		3926·953	4	
3947·201	4	Doppellinie, als einfache gemessen	3926·354	1	
3946·740	1		3926·111	3	
3946·502	4		3925·837	2	
3946·350	3		3925·272	2	
3946·111	4		3925·042	2	
3945·844	3		3954·802	2	
3945·606	3		3924·415	2	
3945·540	3		3924·178	2	
3945·164	4		3923·903	1	
3944·937	1		3923·733	3	
3944·752	1		3923·288	1	
3944·648	4		3922·813	1	
3944·350	3		3922·114	5	
3944·136	2		3921·580	1	
3943·826	1		3921·363	1	verschwommen
3943·548	4		3921·013	1	
3943·311	4		3920·887	2	„
3942·567	4		3920·456	4	
3942·144	4		3920·047	4	
3941·641	4		3919·577	5	
3941·304	1		3919·022	3	
3940·765	2	verbreitert	3918·760	2	
3940·446	5		3918·369	3	
3940·162	1		3918·198	1	total ineinander verschwommen
3939·808	4		3917·904	1	
3959·358	5		3917·542	2	
3938·875	1		3917·389	1	„
3938·762	1		3917·046	2	
3938·485	3		3917·834	1	
3938·279	1		3916·527	3	nach beiden Richtungen verbreitert
3938·051	2		3915·966	2	„
3937·425	3		3915·322	3	
3937·164	3		3914·906	2	„
3936·673	4		3914·683	2	„
3936·278	3	„	3914·337	1	„
3935·878	2		3913·944	2	„
3935·460	5		3913·406	4	
3935·155	3		3913·153	2	
3934·916	3		3912·771	1	sehr schwach
3934·535	2	„	3912·546	2	
3933·932	4		3912·212	4	
3933·685	1		3911·920	1	
3933·249	2	„	3911·661	5	
3932·432	5	„	3911·408	1	
3931·947	2		3911·050	3	
3931·712	3		3910·911	2	
3931·416	1	sehr schwach	3910·624	1	
3931·078	1		3909·914	4	
3930·874	1		3909·148	1	
3930·559	2		3908·846	4	
3930·237	1		3908·570	3	

Eder und Valenta		
3908·343	3	
3907·531	3	
3907·127	4	
3906·841	1	
3906·634	1	
3906·285	4	
3905·702	3	
3905·497	3	
3905·126	4	
3904·684	1	
3904·477	3	
3904·157	6	
3903·819	1	
3903·298	1	
3902·827	1	
3902·362	4	nach beiden Richtungen verbreitert
3901·842	1	
3901·622	1	
3901·432	4	
3900·762	5	
3900·437	2	
3900·181	3	
3899·753	6	
3899·244	2	
3898·864	3	
3898·606	2	
3898·248	1	
3898·023	1	
3897·724	3	
3897·310	1	
3897·021	2	nach beiden Richtungen verbreitert, Band, Mitte gemessen
3896·527	2	
3896·109	3	
3895·574	2	
3895·165	2	sehr stark verbreitert, bandartig, Mitte gemessen
3894·601	3	
3894·202	3	
3893·743	1	
3893·566	1	
3893·323	3	
3893·097	1	sehr schwach
3892·815	1	
3892·565	2	
3891·715	2	
3891·434	1	
3891·230	1	
3890·984	3	scharf
3890·460	3	
3890·104	2	
3889·786	2	
3889·050	2	nach beiden Richtungen verbreitert
3888·524	2	»
3888·121	2	
3887·647	3	
3886·839	3	
3886·036	2	»
3885·750	5	
3885·399	3	

Eder und Valenta		
3885·183	2	wahrscheinlich Triplet
3884·873	2	
3884·584	1	
3884·332	3	
3884·065	2	
3883·828	1	
3883·214	3	
3882·697	3	
3882·429	5	
3882·172	1	
3881·919	2	
3881·433	6	
3881·016	2	
3880·518	1	
3880·306	1	
3880·123	1	
3879·860	2	
3876·635	2	
3879·325	5	
3878·660	3	
3877·925	1	
3877·365	4	nach beiden Richtungen verbreitert
3876·982	2	
3876·560	2	
3876·103	2	
3875·707	2	
3875·378	2	
3874·587	1	
3874·091	4	
3873·670	2	»
3873·249	2	
3872·888	1	
3872·316	1	
3872·064	2	
3871·761	1	verschwommen
3871·115	3	
3870·816	1	»
3870·501	3	
3870·275	2	
3869·951	1	
3869·766	1	verschwommene Doppellinie
3869·156	1	verschwommen
3896·037	3	
3868·645	4	
3868·104	3	
3867·509	3	
3866·917	3	
3866·415	4	nach beiden Richtungen verbreitert
3865·486	1	scharf
3865·219	2	nach beiden Richtungen verbreitert
3864·849	2	
3864·566	2	
3864·233	1	
3863·859	2	
3863·143	4	
3862·480	2	»
3862·091	5	
3861·490	2	
3861·218	2	

Eder und Valenta		
3860·858	2	
3860·516	3	
3859·787	5	scharf
3859·102	2	
3858·366	2	bandartig, Mitte gemessen
3875·750	4	
3857·457	2	
		ein schwaches Band
3856·312	1	
3856·017	2	
3855·810	3	
3855·428	3	
3854·822	1	
3854·599	1	
3854·281	1	
3854·100	3	
3853·686	3	
3853·392	2	nach beiden Richtungen verbreitert
3853·145	1	
3852·917	3	
3852·590	2	
3852·300	3	
3851·874	3	nach beiden Richtungen verbreitert, sehr schwaches, breites Band
3851·752	1	
3851·271	3	
3851·004	2	
3850·664	1	nach beiden Richtungen verbreitert
3850·395	2	„
3849·499	4	
3849·183	1	
3848·878	3	„
3848·011	2	nach beiden Richtungen stark verbreitert
3847·666	1	
3847·259	2	
3846·291	3	
3846·023	2	
3845·770	2	
3845 300	3	nach beiden Richtungen verbreitert
3844·988	1	
3844·718	2	
3844·390	1	
3844·095	4	
3843·471	2	
3843·250	2	
3842·689	1	
3842·538	2	
3842·277	1	
3841·911	3	„
3840·905	4	
3840·021	3	scharf
3839·702	1	verwaschen
3839·174	2	
3838·868	1	
3838·366	2	
3838·253	2	
3837·914	1	verschwommen
3837·396	2	breites, verschwommenes Band, Mitte gemessen
3837·017	3	scharf

Eder und Valenta		
3836·758	1	sehr schwach
3836·530	2	
3836·088	3	
3835·668	2	
3835·506	2	verschwommen
3835·204	1	
3834·901	3	
3834·157	1	scharf
3833·798	1	verschwommen, unscharf
3833·505	2	nach beiden Richtungen verbreitert
3833·096	1	
3832·883	1	
3832·630	1	
3832·407	1	sehr schwach
3832·135	1	
3831·884	2	
3831·497	1	nach beiden Richtungen verbreitert
3830·975	2	„
3830·569	1	
3830·269	2	
3829·398	1	verschwommenes Band
3829·073	1	nach beiden Richtungen verbreitert
3828·484	2	„
3827·437	1	
3827·152	1	
3826·831	3	
3825·412	1	
3825·174	2	„
3824·563	4	
3823·727	2	
3823·537	2	verschwommen
3822·964	3	
3822·200	2	
3821·947	1	
3821·481	1	
3821·090	1	
3820·881	1	
3820·188	1	
3819·881	1	
3819·559	1	
3819·201	2	
3818·954	2	
3818·528	1	
3818·323	1	
3817·796	3	
3816·986	3	
3816·626	2	scharf
3815·569	2	
3815·168	3	nach beiden Richtungen verbreitert
3814·984	1	„
3814·573	1	„
3814·074	1	vielleicht Doppellinie
3813·869	1	sehr schwach
3813·542	3	
3812·881	4	
3812·467	1	
3812·337	1	„
3812·041	3	
3811·645	2	

Eder und Valenta		
3811·330	4	
3810·704	3	nach beiden Richtungen stark verbreitert
3809·851	2	
		4 bis 5 sehr schraffenartige Linien
3809·274	3	
3808·880	3	
3808·592	1	
3808·377	1	
3807·748	2	
3807·365	3	
3807·017	2	
3806·694	2	
3806·414	2	nach beiden Richtungen verbreitert
3805·821	2	„
3805·186	3	
3804·844	3	
3804·423	1	
3804·136	1	
3803·676	2	
3803·429	3	
3803·073	2	
3802·421	3	
3801·903	1	
3801·645	3	
3801·199	2	
3800·716	2	„
3800·252	1	„
3799·893	2	„
3799·059	2	
3798·354	2	
3797·559	1	„
3797·203	1	
3796·889	2	
3796·362	1	
3796·128	2	
3795·716	2	
3795·390	1	
3794·618	3	
3794·176	1	
3793·914	2	
3793·564	1	
3793·300	2	
3792·841	4	
3792·451	1	
3792·072	3	
3791·713	4	
3791·400	2	
3791·055	1	
3790·860	2	
3790·554	3	
3789·972	3	
3789·670	4	
3789·386	2	in einem Bande eingebettet
3789·096	1	
3788·880	3	
3788·476	3	
3788·202	1	
3787·843	1	
3787·466	2	

Eder und Valenta		
3787·159	3	
3786·839	2	
3786·639	3	
3786·143	1	
3785·818	4	nach beiden Richtungen verbreitert
3785·321	4	
3785·117	3	
3784·668	1	
3784·454	1	
3783·946	2	
3783·577	1	
3783·342	1	verschwommene Bande
3783·085	2	
3782·519	2	
3782·030	1	„
3781·779	1	
3781·511	1	
3781·280	3	
3780·451	1	
3780·163	3	
3779·902	1	
3779·605	3	
3779·454	3	
3778·743	2	
3778·447	2	
3778·103	2	
3777·818	1	
3777·367	2	nach beiden Richtungen verbreitert
3777·028	1	sehr schwach
3776·582	4	
3776·307	1	
3775·542	2	
3775·262	2	
3774·795	3	
3774·240	2	verbreitert
3773·983	1	
3773·655	1	
3773·361	3	
3772·913	3	umgekehrt
3772·422	2	
3772·085	2	
3771·717	2	
3771·311	1	total verschwommen, Mitte gemessen
3770·777	3	
3770·524	2	
3770·273	1	sehr schwach, verschwommen
		eine nicht messbare Linie
3769·768	3	
3769·651	3	
3769·472	6	sehr schwach
3769·215	1	
3768·996	2	
3768·583	2	
3768·233	3	
3767·526	3	
3766·921	3	
3766·670	2	
3766·358	2	
3765·884	3	nach beiden Richtungen verbreitert

Eder und Valenta		
3765·723	2	
3765·476	2	
3765·029	4	nach beiden Richtungen verbreitert
3764·717	1	
3764·321	2	
3763·736	2	
3763·546	1	
3763·032	2	stark verbreitert, bandenförmig, Mitte gemessen
3762·667	2	
		einige angedeutete, stark verbreiterte, nicht messbare Linien
3761·920	3	
3761·646	3	
3761·249	3	nach beiden Richtungen verbreitert
3760·966	1	verbreitert, unscharf
3760·751	3	
3760·505	2	
3760·194	3	
3760·006	3	
3759·748	2	
3759·426	1	sehr schwach
3759·211	1	„
3758·871	4	nach beiden Richtungen verbreitert
3758·099	1	
3757·815	1	gleichmässig verbreitert
3757·502	1	sehr schwach
3757·202	4	sehr scharf
3756·768	2	
3756·280	3	gleichmässig verbreitert
3745·941	1	
3755·542	4	
3755·115	1	
3754·854	2	
3754·567	1	
3754·026	4	
3753·722	3	dazwischen eine breite, verschwommene unmessbare Bande
3753·385	3	
3752·473	4	
3751·911	3	
3751·262	3	
3750·873	4	
3750·498	1	
3750·175	5	
3749·536	2	
3749·284	3	
3749·023	1	
3748·731	6	
3748·054	4	
3747·456	4	
3746·998	6	
3746·047	3	
3745·429	2	
3744·749	2	nach beiden Richtungen verbreitert
3744·500	1	
3744·186	2	„
3743·782	2	
3743·432	2	
3742·977	2	
3742·489	3	

Eder und Valenta		
3741·999	3	
3741·515	3	
3741·217	2	
3740·858	3	
3740·099	3	
3739·885	1	
3739·617	2	
3739·157	2	
3738·941	2	
3738·667	2	
3738·453	2	
3738·120	2	
3737·968	2	
3737·373	3	
3736·744	3	
3736·080	1	
3735·449	2	
3745·014	2	
3734·712	2	
3734·253	3	
3733·794	2	
3733·128	2	
3732·782	1	
3732·538	2	
3732·033	3	
3731·756	1	
3731·573	1	
3730·971	2	
3730·661	4	
3730·067	2	
3729·845	1	
3729·611	1	
3729·293	3	
3729·068	1	
3728·533	4	nach beiden Richtungen verbreitert, verschwommen
3728·089	1	
3727·819	2	
3727·304	2	
3727·051	1	
3726·613	3	
3726·079	2	verschwommen
3725·888	1	
3725·348	1	
3725·100	2	
3724·785	2	
3724·569	1	
3724·345	2	
3723·368	2	„
3722·999	2	scharf
3722·089	2	nach beiden Richtungen verbreitert
3721·691	3	
3721·043	1	
3720·500	1	
3719·438	1	verwaschen
3719·149	1	scharf
3718·847	3	
3718·518	2	
3718·246	1	

Eder und Valenta		
3717·178	2	
3716·565	2	
3715·885	2	
3715·448	2	
3715·137	1	
3714·755	3	verbreitert, wahrscheinlich Triplet
3714·484	2	
3713·807	2	
3713·551	3	
3712·747	2	
3712·417	2	verschwommen
3711·967	2	
3711·404	3	
3711·112	1	
3710·818	2	
3710·573	1	
3710·322	2	
3709·716	4	
3708·924	2	
3708·177	1	
3707·622	2	
3707·442	1	
3706·786	1	
3706·590	1	verwaschen
3706·177	1	„
3705·306	2	ziemlich scharf
3704·444	1	
3703·870	2	
3703·220	1	
3702·513	2	
3702·361	2	
3702·022	1	verwaschene Bande
3700·696	2	
3699·907	1	
3699·604	3	
3699·038	1	
3698·779	2	
3698·553	1	
3698·147	2	scharf
3697·491	2	„
3696·955	2	
3696·264	2	
3696·040	1	
3695·450	2	
3695·235	3	verwaschen
3694·976	2	
3694·703	1	verwaschene Bande
3694·643	1	„
3694·138	3	„
3693·790	1	„
3693·499	1	„
3693·086	2	verwaschen
3692·642	3	„
3691·836	3	„
3691·400	1	„
3691·095	2	
3690·872	2	
3690·552	1	
3690·267	2	

Eder und Valenta		
3690·059	2	
3689·610	2	verbreitert
3689·208	2	verwaschen
3687·010	1	„
3686·585	1	„
3686·134	2	
3585·779	1	
3685·457	1	
3684·943	2	
3684·518	3	
3683·896	1	
3683·595	1	
3683·225	2	
3682·547	1	verwaschenes Band
3681·632	1	„
3681·203	2	„
3680·939	1	„
3680·255	1	
3670·302	2	
3678·997	3	
3678·446	1	
3677·806	1	
3677·405	1	scharf
3677·073	2	
3676·826	1	
3676·271	2	
3675·874	1	
3675·644	2	
3675·233	3	
3674·055	3	
3673·517	2	
3673·042	2	
3672·717	1	sehr schwach, verwaschen
3672·377	2	
3671·894	2	
3761·632	2	
3671·185	1	scharf
3670·762	3	verwaschen
3670·333	3	
3620·153	1	
3669·197	3	
3668·701	1	„
3668·466	1	
3667·951	3	stark
3667·634	2	verwaschen
3667·340	2	
3667·067	1	
3666·899	1	
3666·537	2	
3666·217	4	
3666·130	1	sehr schwach
3665·695	1	„
3665·285	2	
3664·990	2	
3664·689	2	
3664·418	2	
3664·080	2	
3663·756	2	
3663·473	2	

Eder und Valenta		
3663·345	1	
3662·877	1	verbreitert
3662·656	2	scharf
3662·437	3	verwaschen
3662·276	2	
3661·614	1	
3661·307	1	
3661·023	1	
3660·478	2	scharf
3660·253	2	„
3660·019	1	schwach, nach beiden Richtungen stark verbreitert
3659·656	2	
3659·075	3	
3659·706	2	
3658·508	1	sehr schwach
3658·295	2	scharf
3657·991	3	
3657·547	2	ziemlich scharf
3657·068	2	
3656·852	1	scharf
3656·573	3	

Eder und Valenta		
3656·159	2	verbreitert
3655·754	3	„
3655·220	5	verbreitert, verwaschen
3654·842	4	
3654·334	2	
3654·105	2	
3653·838	2	
3653·602	2	
3653·300	2	verwaschen
3653·096	2	„
3652·834	1	
3652·536	1	
3652·274	1	
3652·074	2	
3651·583	3	
3651·200	1	
3650·537	5	
3650·084	2	
3649·325	1	verbreitert
3649·067	4	
3648·838	3	
3648·516	2	

Über das Funkenspectrum des Calciums und des Lithiums und seine Verbreiterungs- und Umkehrungserscheinungen.

Von

J. M. Eder und **E. Valenta.**

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 7. Juli 1898.)

Das Funkenspectrum des Calciums wurde in seinem sichtbaren Theile von Huggins, Thalén und Kirchhoff[1]), im ultravioletten Theile von Prof. Dr. Franz Exner und Dr. E. Haschek[2]) untersucht. Da wir selbst vor längerer Zeit eine Reihe der stärkst brechbaren Calciumlinien mittelst eines Quarzspectrographen (mit einem Prisma) untersucht und ihre Wellenlängen bestimmt hatten[3]), Exner und Haschek aber in diesem Theile des Spectrums mit ihrem Gitterspectrographen keine Linien erhielten, so griffen wir die Sache neuerdings auf. Zunächst suchten wir festzustellen, inwieweit die angewandten Apparate hierbei von Einfluss gewesen sein könnten, da wir wiederholt beobachtet hatten[4]), dass der Quarzspectrograph im äussersten Ultraviolett viel lichtstärker ist, als der Gitterspectrograph. Zur Erzeugung des Calciumfunkens bedienten wir uns (ebenso wie vor sechs Jahren) metallischer Calciumelektroden und eines sehr kräftigen Ruhmkorff-Inductoriums, welches einen intensiven, stark knatternden Funken von grosser Helligkeit lieferte.

Wir verwendeten jedoch an Stelle des Quarzspectrographen unser grosses Concavgitter (wie Exner und Haschek). Die damit erzielten Spectrumphotogramme zeigten gleichfalls die von uns seinerzeit im brechbarsten Theile beobachteten Linien (mit Ausnahme einiger besonders schwacher und einiger zweifelhafter, von uns deshalb in den Tabellen nicht geführten), jedoch musste die Belichtungszeit bei Verwendung des kräftigsten Calciumfunkens auf 1 bis 2 Stunden ausgedehnt werden; daraus geht hervor,

---

[1]) Watt's «Index of Spectra», 1889, pag. 24; Kayser: «Spectralanalyse», 1883, pag. 252; Londoner Spectrum Analysis, 1898, pag. 109.

[2]) Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch., mathem.-naturw. Cl., Bd. CVI, Abth. II a, 1897, pag. 1131.

[3]) Vergl. pag. 57 dieser Abhandlungen.

[4]) J. M. Eder und E. Valenta: «Über das Emissionsspectrum des Kohlenstoffes und Siliciums», vergl. pag. 49 und 75 dieser Abhandlungen.

dass man sehr wohl auch mit dem Gitterspectrographen im brechbarsten Ultraviolett ($\lambda < 2889$) die von uns seinerzeit angegebenen Calciumlinien nachweisen kann.

Benützt man jedoch Chlorcalcium, sei es auf Eisenelektroden aufgeschmolzen, nach Exner und Haschek, oder wie Gramont[1]) vorgeht, so treten die Nebenlinien so lichtschwach auf, dass man sie kaum nachweisen kann und sie sich der Beobachtung sehr leicht entziehen.

Dies tritt nicht nur beim Calcium ein, sondern auch bei den Alkalimetallen; auch in diesem Falle erhielten wir mit metallischem Kalium und Natrium bei unserer Versuchsanordnung viel mehr Linien, welche unzweifelhaft dem Linienspectrum des Kaliums und Natriums angehören[2]), als die Herren Exner und Haschek.

Um die Frage über das complete Linienspectrum des Calciums zu klären und uns zu überzeugen, ob denn thatsächlich so viele Calciumlinien, welche Kayser und Runge im Bogenspectrum auffanden, im Calciumfunkenspectrum fehlen, stellten wir eine Reihe von Spectrumphotogrammen des Calciumfunkens mit unserem grossen Concavgitter[3]) her, bedienten uns jedoch meistens des Spectrums zweiter Ordnung und photographierten das Eisenfunken-, respective das Bogenspectrum daneben, so dass wir correcte Coïncidenzen erhielten, indem die als Verunreinigung des von uns verwendeten Calciums im Calciumspectrum auftretenden schwachen Eisenlinien mit den entsprechenden Linien der Vergleichsspectren völlig zusammenfielen.

Unser metallisches Calcium war auf elektrolytischem Wege von Dr. Schuchardt hergestellt und enthielt an Verunreinigungen geringe Mengen von Eisen, Mangan, Magnesium, Strontium, Lithium und Silicium, ferner konnten Kohlenstofflinien beobachtet werden (vom anhängenden Petroleum herrührend), namentlich die ultraviolette Kohlenstoff-Hauptlinie $\lambda = 2478{\cdot}5$ und in sehr geringem Masse die sogenannten Cyanbanden.

Unsere Messungen im Spectrum zweiter Ordnung geben wir mit drei Decimalstellen einer Angström'schen Einheit an. Die Fehlergrenze dürfte bei den schärfsten Calciumlinien durchschnittlich 0·01 bis 0·02 Angström'sche Einheiten betragen, bei den unscharfen Calciumlinien und jenen, welche am Spectrum erster Ordnung (äusserstes Ultraviolett) gemessen wurden, im Maximum 0·05 Angström'sche Einheiten.

Linien, welche uns besonders interessierten, massen wir am Spectrum dritter Ordnung und erzielten naturgemäss eine entsprechend höhere Genauigkeit.

Wir lassen nunmehr die von uns aufgestellten Wellenlängen der Linien des Calciumfunkenspectrums folgen, stellen die von Exner und Haschek gefundenen Zahlen daneben und schliesslich die Linien des Bogenspectrums nach Kayser und Runge. Das Flammenspectrum der Calciumverbindungen haben wir bereits früher untersucht[4]) und wiederholen die sehr beachtenswerte Thatsache, dass von $\lambda = 6440$ bis 3420 von allen Linien des metallischen Calciums nur die eine violette Linie $\lambda = 4227$ im Flammenspectrum der Calciumverbindung auftritt, wärend alle anderen Hauptlinien des Funkens oder Bogens fehlen.

In nachfolgender Tabelle sind sämmtliche Wellenlängen auf Rowland's Standards bezogen; die Intensitäten sind in der Weise angegeben, dass 10 die stärkste und 1 die geringste bedeutet.

---

[1]) «Chemisches Centralblatt», 1898, pag. 1154. Gramont bringt die zu untersuchenden Verbindungen auf einen passenden Platin- oder Graphitspatel zwischen die unter einem spitzen Winkel geneigten Pole und lässt den Funken über die geschmolzene Masse überspringen.

[2]) J. M. Eder und E. Valenta: «Über das Spectrum des Kaliums, Natriums und Cadmiums», vergl. pag. 109 dieser Abhandlungen.

[3]) Vergl. pag. 269 dieser Abhandlungen.

[4]) J. M. Eder und E. Valenta: «Über den Verlauf der Bunsen'schen Flammenreactionen im ultravioletten Spectrum», vergl. pag. 87 dieser Abhandlungen.

Funkenspectrum					Bogenspectrum		
Eder und Valenta metallisches Calcium			Exner und Haschek (geschmolzenes Ca Salze)		Kayser und Runge		
λ	i	Bemerkung	λ	i	λ	i	Bemerkung
6499·9	8				6499·85	4	
6493·9	10				6493·97	4	
6471·9	8				6471·85	4	
6462·8	10				6462·75	6	umgekehrt
6449·99	8				6449·99	4	
6439·4	10				6439·36	10	„
6169·9	5				6169·87	6	
6169·4	5	von uns gesehen, aber nicht gemessen			6169·36	4	
6166·8	5				6166·75	4	
					6163·98	4	
6162·5	10				6162·46	10	„
					6161·60	3	„
6122·5	10				6122·46	10	„
6102·99	8				6102·99	8	„
					5867·94	5	verbreitert nach Roth
5857·7	8				5857·77	10	unscharf
5603·009	5	scharf			5603·06	8	
5601·475	5	„			5601·51	8	
5598·681	5	ziemlich scharf			5598·68	8	„
5594·632	6	„			5594·64	10	„
5590·324	4	scharf			5590·30	8	
5588·948	6	etwas verbreitert			5588·96	10	
5582·167	4	scharf			5582·16	8	
5513·120	2	verbreitert nach Violett			5513·07	8	
5349·619	5	scharf			5349·66	10	
5270·463	5	„			5270·45	10	
5265·720	5	„			5265·79	8	
5264·402	3	„			5264·46	5	
5262·365	3	„			5262·48	5	
5261·863	3	„			5261·93	5	
					5260·58	4	
					5189·05	5	
5188·977	2	ziemlich scharf					
5041·920	1	verschwommen			5041·93	8	unscharf nach Roth
4878·360	4	scharf			4878·34	10	„
4847·2	1	undeutlich			4847·22	4	unscharf nach Violett
					4833·85	1	„
					4823·04	1	„
					4807·47	1	„
					4685·40	4	„
					4624·71	1	„
4586·086	6	verbreitert nach Roth			4586·12	10	
4581·618	5	ziemlich scharf			4581·66	8	
4578·780	4	„			4578·82	8	
4527·183	4	verbreitert nach Roth			4527·17	5	
					4512·73	1	unscharf
					4509·89	1	„
					4508·04	1	„
4481·34	2	sehr stark verbreitert[1])	4481·7				
4467·929	1	undeutlich					
4466·625	1	„					
4456·786	3	scharf			4456·81	4	
4456·057	7	„	4456·06	2	4456·08	2	umgekehrt
4454·919	7	verbreitert	4454·93	5	4454·97	10	„
4444·087	1	sehr schwach					

[1]) Fraglich, ob zu Calcium gehörig, wahrscheinlich Magnesium.

Funkenspectrum					Bogenspectrum		
Eder und Valenta metallisches Calcium			Exner und Haschek (geschmolzenes Ca = Salze)		Kayser und Runge		
λ	i	Bemerkung	λ	i	λ	i	Bemerkung
4442·963	1	sehr schwach					
4435·838	6	scharf	4435·84	3	4435·86	8	umgekehrt
4435·124	6	verbreitert	4435·12	4	4435·13	10	„
4425·616	8	beiderseitig verbreitert	4425·62	3	4425·61	10	„
4355·467	3	stark nach Roth verbreiter			4355·41	5	verbreitert
4333·932	1						
4330·313	2						
4318·798	8	ein wenig nach Violett verbreitert	4318·79	3	4318·80	8	umgekehrt
4314·148	2						
4310·585	1						
4307·864	5		4307·92	2	4307·91	8	„
4302·676	9		4302·70	6	4302·68	10	„
4299·133	8		4299·14	3	4299·14	5	
4289·534	8		4289·55	3	4289·51	8	„
4283·125	8		4283·18	3	4283·16	8	„
4278·018	2						
4277·403	1						
4271·760	1	stark verbreitert					
4240·515	2	verschwommen	4240·55	1	4240·58	4	
4238·587	1	sehr undeutlich					
4226·870	8	umgekehrt, Hauptlinie	4266·88	10	4226·91	10	„
4130·98	1	sehr undeutlich					
4127·96	1	„					
4123·39	1	„					
4098·876	2	verbreitert, unscharf nach Roth			4098·82	4	verbreitert nach Roth
4095·243	2	„			4095·25	2	„
					4092·93	2	„
4057·980	3	scharf					
3979·208		umgekehrt, ist wahrscheinlich ein Gespenst					
3973·908	2	scharf	3973·87	2	3973·89	5	„
3968·638	10	umgekehrt, Hauptlinie	3968·62	80	3968·63	10	umgekehrt
3957·960		umgekehrt, ist wahrscheinlich ein Gespenst					
3957·232	4	ziemlich scharf	3957·23	1	3957·23	5	verbreitert nach Roth
3949·101	3	„	3949·03	1	3949·09	4	„
3933·803	10	umgekehrt, Hauptlinie	3933·81	100	3933·83	10	umgekehrt
3923·345	10	umgekehrt, ist wahrscheinlich ein Gespenst					
3915·388	1	schwach					
3909·980	1	„					
3905·691	4	scharf					
3856·153	2	bandartig verbreitert					
3826·506	4	ziemlich scharf					
3759·419	3	scharf					
3747·151	4	bandartig verbreitert					
3737·090	10	einseitig nach Roth verbreitert (Hauptlinie)	3737·25	15	3737·08	4	
3716·193	2	verbreitert nach Roth					
3706·190	10	einseitig nach Roth verbreitert (Hauptlinie)	3706·25	10	3706·18	4	
3696·429	2	verbreitert nach Roth					
3685·317	3	scharf					
3653·606	2				3653·62	4	
3644·466	8		3644·53	2	3644·45	10	„
3630·812	6	verbreitert nach Violett	3630·8	1	3630·82	8	„
3624·162	5	„	3624·1	1	3624·15	8	„
3601·957	2	bandartig verbreitert					
3594·259	1	ziemlich scharf					

Funkenspectrum					Bogenspectrum		
Eder und Valenta metallisches Calcium			Exner und Haschek (geschmolzenes Ca = Salze)		Kayser und Runge		
λ	i	Bemerkung	λ	i	λ	i	Bemerkung
3587·156	4	stark verbreitert, bandartig					
3535·60	2	ziemlich scharf					
3510·97	4	"					
3505·00	5	scharf					
3487·87	2	verbreitert gegen Roth			3487·76	5	verbreitert nach Roth
3474·96	2	bandartig gegen Roth verbreitert			3474·98	4	"
					3468·68	4	"
3456·58	2	ziemlich scharf					
3444·53	3	scharf					
3387·99	3	"					
3372·930	6	"					
3361·374	6	"			3361·92	8	verbreitert nach Violett
3349·568	6	"			3350·22	8	"
3349·199	4	"					
					3344·49	5	"
3335·30	2	"					
3332·26	2	verschwommen					
3329·60	3	scharf					
3323·09	6	"					
					3286·26	4	verbreitert nach Roth
3278·74	2	scharf					
					3274·88	2	"
					3269·31	2	"
3261·70	4	"					
3248·71	3	"					
3242·11	3	"					
3239·15	3	"					
3236·70	5	"					
3234·68	6	"					
					3225·74	4	unscharf nach Roth
3224·42	1	"					
3223·00	2	"					
3218·45	1	schwach					
3217·05	1	"					
					3215·15	4	unscharf nach Violett
					3209·68	2	"
3181·409	8	umgekehrt (nach Roth verbreitert)	3181·51	7	3181·40	4	
3179·447	10	umgekehrt nach Roth verbreitert (Hauptlinie)	3179·60	10	3179·45	5	
3170·2	1	undeutlich			3170·23	1	unscharf
					3166·95	1	sehr unscharf
3159·013	10	umgekehrt nach Roth verbreitert (Hauptlinie)	3159·11	10	3158·98	5	
					3150·85	2	unscharf
					3140·91	2	"
					3136·09	1	"
					3117·74	1	sehr unscharf
					3107·96	1	"
3103·92	2	ziemlich scharf					
					3101·87	8	"
3092·84	8	"					
3088·11	4	"					
3082·21	8	"					
3078·67	3	"					
3075·39	2	"					
3073·06	1	"					
3066·40	3	verbreitert					

Funkenspectrum					Bogenspectrum		
Eder und Valenta metallisches Calcium			Exner und Haschek (geschmolzenes Ca = Salze)		Kayser und Runge		
λ	i	Bemerkung	λ	i	λ	i	Bemerkung
3009·32	3	scharf	3009·29	1			
3006·98	4	"	3006·95	1	3006·95	1	
2999·74	2				2999·76	4	
2997·2	1	undeutlich			2997·42	4	
2995·08	3	scharf	2995·04	1	2995·06	4	
2936·83	4	verbreitert					
2928·92	4	"					
2816·44	2	verschwommen					
2660·53	4						
2575·22	3						
2568·09	3						
2398·73	2	verbreitert, undeutlich			2398·66	1	umgekehrt
2373·24	2						
2313·02	1						
2309·20	1						
2290·09	1						
2275·44	2				2275·60	5	"
2259·5 [1]	1/2	verschwommen					
2208·95	2						
2200·5 [1]	1/2	verschwommen			2200·84	2	"
2198·03	2						
2133·0 [1]	1/2						
2131·2 [1]	1/2						
2123·0 [1]	1/2						
2113·01	1						
2103·47	1						
2099·87	1						
2086·64	1						
2081·53	1						

[1]) Lichtarm und verbreitert; nur mit Quarzspectrographen nachweisbar.

Vergleicht man die von uns gemessenen Linien mit den daneben stehenden von Exner und Haschek gefundenen Linien des Calciumfunkenspectrums, so ergibt sich zweifellos, dass die letztgenannten Forscher ein unvollkommen entwickeltes Funkenspectrum des Calciums vor sich hatten. Ferner müssen wir bemerken, dass aus diesem unvollkommen entwickelten Spectrum noch die von Exner und Haschek geführten Linien $\lambda = 4486 \cdot 1$ und $2889 \cdot 67$ zu streichen sind, da sie im Funkenspectrum des metallischen Calciums nicht vorkommen. Wir müssten diese Linien (falls sie wahre Calciumlinien wären) schon deshalb gefunden haben, weil wir viel schwächere Linien, welche in Exner und Haschek's Calciumspectrum nicht mehr auftraten, noch mit Leichtigkeit nachweisen konnten; dagegen sind in diesem Spectralbezirke andere lichtarme und schwer nachweisbare Linien vorhanden, welche eben nur bei Verwendung von metallischen Calciumelektroden deutlich auftreten.

Vergleicht man das Funkenspectrum des metallischen Calciums mit dem Calciumbogenspectrum, so fällt die verhältnismässig grosse Übereinstimmung beider im weniger brechbaren Theile auf, indem dort so ziemlich alle stärkeren Linien des Funkens auch als starke Linien im Bogen auftreten; erst im brechbareren Ultraviolett erweist sich das Funkenspectrum mit mehreren ziemlich starken Linien als linienreicher und treten merkliche Unterschiede auf.

Ferner wäre als bemerkenswertes Ergebnis anzuführen, dass im completen Calciumfunkenspectrum unter den einseitig nach Roth verbreiterten Linien auch mehrfach solche gefunden wurden, welche auch

im Bogenspectrum (Kayser und Runge) mit genau derselben Charakteristik auftreten ($\lambda = 4098$, 4095, 3487, 3474); andererseits kommen im Calciumbogenspectrum nach Roth verbreiterte Linien vor, welche im Funkenspectrum scharf erscheinen und vice versa.

Es ist also auf Grund unserer Beobachtungen nicht thunlich, einen Unterschied zwischen Bogen- und Funkenspectrum darin zu suchen, dass die Linien im Funkenspectrum nach Roth verwaschen sind und im Bogenspectrum scharf erscheinen.

Vielmehr ist diese Verbreiterungserscheinung gewisser Linien gegen Roth, anderer gegen Violett, anderer aber gleichmässig nach beiden Seiten eine allgemein unter den verschiedensten Variationen auftretende Erscheinung, welche nicht nur dem Calciumfunken, sondern auch dem Bogen zukommt. Unter den gegen Roth verwaschenen Linien des Funkens sind $\lambda = 3737$, 3706, 3181, 3179 und 3159 besonders auffallend. Bei diesen Linien bemerkt man auch das excentrische Umkehrungsphänomen, das heisst, die Umkehrungserscheinung liegt nicht in der Mitte einer symmetrischen dicken Linie, sondern mehr gegen Violett zu oder mit anderen Worten, die gegen Roth zu liegende Seite der nicht umgekehrten Umgebung ist stärker verbreitert und intensiver als die andere Seite.

Diese Verbreiterungserscheinung gegen Roth, welche den Eindruck einer Linienverschiebung macht, erwähnen Exner und Haschek; sie geben an, dass die umgekehrten Linien des Funkens mit denselben aber nicht umgekehrten Linien des Funkens nicht coïncidieren[1]), sondern dass die letzteren um durchschnittlich 0·11 Angström'sche Einheiten gegen Roth verschoben seien, was sie im Sinne der Untersuchungen Humphrey und Mohler's, Jewell's u. A. als Folge der grösseren Dampfdichte oder vielleicht des local gesteigerten Druckes im Funken deuten; sie nehmen an, dass im stark prasselnden Funken des von ihnen verwendeten Inductoriums eine grosse Druckdifferenz (12 bis 14 Atmosphären) in der Funkenbahn vorhanden sei.

Da wir das Phänomen der Linienverschiebung beim Argon[2]) und Schwefelspectrum[3]) selbständig entdeckt hatten, so interessierten uns die geschilderten Erscheinungen im Calciumfunken in hohem Grade und wir wiederholten die Versuche. In der That erhielten wir bei unseren ersten Versuchen Spectrumphotogramme (erster Ordnung), welche das Verschiebungsphänomen zu bestätigen schienen.

Wir erzeugten nämlich einen möglichst intensiven knatternden Funken zwischen Calciumelektroden mit Hilfe eines grossen Ruhmkorff'schen Inductoriums unter Einschaltung einer entsprechenden Anzahl von Leydenerflaschen und erhielten präcise Umkehrungserscheinungen; daneben photographierten wir das Spectrum des Funkens zwischen zwei mit ein wenig Kalksalzlösung imprägnierten Kohlenspitzen und erhielten dieselben Linien nicht umgekehrt, sondern als merklich breite dichte Streifen, deren Mitte wir massen und dabei eine scheinbare Verschiebung nach Roth fanden. Es gelang uns jedoch nicht, auch nur annähernd constante Zahlen dieser Verschiebungen zu erhalten, sondern sie schwankten bei einem und demselben Funken bei verschiedenen rasch hintereinander erfolgten Aufnahmen und verschieden kräftiger, länger oder kürzer dauernder Entwickelung des latenten Bildes. Die Schwankung betrug zum Beispiel bei einer Versuchsreihe 0·024 bis 0·105 Angström'sche Einheiten und noch mehr, auch schien uns die Art der Entwickelung (hart oder weich arbeitende Entwickler) und der Platten selbst das Resultat zu beeinflussen.

Um die Phänomene mit grösster Genauigkeit verfolgen zu können, arbeiteten wir mit den Spectren zweiter und dritter Ordnung, erzielten somit eine bedeutend grössere Auflösung als jene es war, welche unsere Vorgänger beim Studium dieser Linien zur Anwendung gebracht hatten.

---

[1]) Die Coïncidenz der umgekehrten Linien des Funkenspectrums mit den umgekehrten Linien des Bogens geben Exner und Haschek zu.

[2]) Vergl. pag. 216 dieser Abhandlungen.

[3]) Vergl. pag. 269 dieser Abhandlungen.

Die Expositionszeit war bei mehr als einem Dutzend Aufnahmen sehr stark variiert und die Bromsilberplatten und Entwickler waren derartig gewählt worden, dass die Gradation der Spectrumphotogramme eine möglichst zarte war und die Details jeder einzelnen verbreiterten Linie deutlich erkennen liess.

Wir photographierten nicht nur die Umkehrungsphänomene bei den einseitig verbreiterten Linien, sondern auch bei den anderen beiderseits scharfen Liniengruppen und geben ein getreues Facsimile in der heliographischen Abbildung unserer Tafel XVII. Die Spectrumphotogramme der Linien $\lambda = 3181$, 3179 und 3159 stammen vom Spectrum dritter Ordnung, jene der Linien $\lambda = 4455$, 4454, 4435 und 4425 vom Spectrum zweiter Ordnung und wurden gleichzeitig auf ein und derselben Platte erhalten. Zur grösseren Deutlichkeit haben wir diese Photogramme noch mässig (circa 4mal) vergrössert, was bei der grossen Schärfe der Aufnahmen leicht möglich war, ohne dass diese wesentlich beeinträchtigt worden wären.

Zunächst beschreiben wir die normalen Umkehrungserscheinungen von gleichmässig scharfen oder symmetrisch verbreiterten Linien, zum Beispiel Calcium $\lambda = 4454$, 4435·1 (s. Tafel XVII), denn diese Phänomene sind typisch:

1. Eine gleichmässig scharfe oder symmetrisch beiderseits verbreiterte Linie kehrt sich genau centrisch um und die von einer Verunreinigung oder schwachem Metalldampfe hervorgebrachte nicht umgekehrte Linie coïncidiert völlig mit der Umkehrungserscheinung und zwar im Funken und Bogen untereinander, wie unsere Aufnahme klar zeigt.

2. Bei jenen Linien, welche einseitig verbreitert oder einseitig intensiv scharf, gegen die andere Seite aber unscharf und allmählich verbreitert erscheinen, verlaufen die Umkehrungserscheinungen im allgemeinen anders.

Zunächst beobachteten wir, dass bei derartigen gegen Roth verbreiterten Linien, zum Beispiel der Linie $\lambda = 3179$ und 3159 des Calciumfunkenspectrums (s. Tafel XVII), ferner bei $\lambda = 3737$ und 3706, die einseitige Verbreiterung keineswegs derartig erfolgt, dass um den hellsten Theil der Linie, (welche durch sehr kurze Belichtung zu constatieren ist) sich die unscharf verlaufende starke Verbreiterungserscheinung ausschliesslich gegen Roth erstreckt. Vielmehr wird die scharfe Kante gleichfalls, aber ganz wenig gegen Violett verbreitert, so dass dieselbe keine völlig constante Lage besitzt, sondern etwas gegen Violett vorrückt und zwar liegt das Maximum der Helligkeit solcher Linien gegen die violette Seite.

Es ist also ausserordentlich schwer, bei einigermassen länger belichteten derartigen Linien eine constante Wellenlängemessung zu machen, nur durch sehr kurze Belichtung und sorgfältige photographische Hervorrufung lässt sich die Wellenlänge der dominierend hellen Stelle der Linie mit constanter Genauigkeit bestimmen und sie entspricht der Hauptschwingung der spectralen Lichterscheinung.

Bringt man bei derartigen Linien durch Vermehrung der Dampfmenge etc. die entsprechenden Umkehrungserscheinungen hervor, so erscheinen diese unsymmetrisch, ebenso wie die nicht umgekehrten Linien; es tritt die von Exner und Haschek mit uns ganz übereinstimmend geschilderte excentrisch nach Violett verschobene Umkehrungserscheinung auf.

Eine von uns im Funkenspectrum dritter Ordnung angestellte umfangreiche Versuchsreihe zeigte unzweifelhaft, dass bei sehr kurzer Belichtung und sorgfältiger Hervorrufung die nicht umgekehrte Linie mit der Umkehrungserscheinung coïncidiert; die feinsten Linien von Calcium $\lambda = 3181$, 3179, 3159 auf unserer heliographischen Tafel XVII zeigen diese Coïncidenz[1]).

Der intensivste, also der dominierende Theil der nicht umgekehrten Linie bleibt bei längerer Belichtung[2]) an derselben Stelle, daneben wird die gewaltige einseitige Verbreiterungserscheinung gegen

---

[1]) Die feinen, nicht umgekehrten Linien wurden durch Kohlenelektroden, welche mit wenig Calciumsalz absichtlich verunreinigt waren, hergestellt, die Umkehrungserscheinung mit Calciumelektroden und stärkstem Flaschenfunken eines grossen Ruhmkorff'schen Inductoriums erhalten.

[2]) Abgesehen von dem geringen Zuwachse gegen Violett.

Roth bemerklich, welche bei kräftiger Entwickelung und Anwendung von «hart und kräftig arbeitenden» Platten mit dem ursprünglichen Maximum zu einem scheinbar einheitlichen Streifen (dicke Linie) zusammenfliesst; misst man die Mitte, so erhält man variable Zahlenwerte einer «Verschiebung gegen Roth», oder richtiger: einer unscharf verlaufenden Verbreiterungserscheinung gegen Roth[1]). Die scheinbare Mitte derselben schwankt mit der Expositionszeit und Entwickelungsart und man hat nicht die dominierende Lichterscheinung, sondern nur eine schwankende Nebenerscheinung fixiert. Dies zeigt unsere Heliogravure deutlich (noch deutlicher als die Heliogravure erscheint das Originalnegativ). Man sieht, wie bei schwacher Belichtung und zarter Entwickelung die nicht umgekehrte Calciumlinie $\lambda = 3179$ und 3159 völlig mit den umgekehrten coïncidiert; ferner wie an derselben Platte bei längerer Belichtung infolge einseitiger Verbreiterung die Linie nach Roth verschoben erscheint, wenn man die Entwickelung so leitet, dass die verbreiterte Linie gleichmässig dicht wird.

Ferner sieht man, dass bei der umgekehrten Linie genau dieselbe Verbreiterungserscheinung auftritt. Wir können also auf Grund unserer Beobachtungen sagen, dass die Verbreiterung gegen Roth nicht nur der nicht umgekehrten Linie zukommt, sondern dass sie auch die Umgebung der entsprechend umgekehrten Linie zeigt. Auch bei letzterer liegt nächst der dominierenden (durch die Umkehrungserscheinung charakterisierten) Wellenlänge des intensivsten Theiles der verbreiterten Linie genau dieselbe Verbreiterungserscheinung gegen Roth, so dass sich «Funke umgekehrt» und «Funke nicht umgekehrt» ganz analog verhalten. Da die Umkehrungserscheinung den intensivsten Theil der verbreiterten Linie schwächt, das heisst, im Negative hell gibt, so tritt die benachbarte einseitige Verbreiterungserscheinung umso kräftiger auf, ja es kann vorkommen, dass der intensiv dominierende Rand einer einseitig verbreiterten Linie durch beginnende Umkehrungserscheinungen so geschwächt wird, dass man die benachbarte Verbreiterungserscheinung als das Maximum der Linie zu erkennen glaubt. Dies zeigt auf unserer Tafel namentlich die Linie $\lambda = 3181$; meistens ist dieselbe nicht umgekehrt und jedermann würde auf Grund der vorliegenden Photographie in diesem Falle (bei reichlich exponierten Platten, wie der Mitteltheil der Figur) das Maximum der Linie viel weiter gegen Roth zu versetzen, wenn nicht die (hier ziemlich schwer erhältliche) Umkehrungserscheinung die Aufmerksamkeit erwecken würde; diese liegt excentrisch gegen Violett. Untersucht man aber einen mit wenig Calcium zwischen Kohlenelektroden oder anderen Elektroden erzeugten kräftigen Flaschenfunken, belichtet sehr kurz, so dass man die eigentliche Spectrallinie thunlichst frei von den begleitenden Nebenerscheinungen der Verbreiterung hält, so beobachteten wir stets völlige Coïncidenz.

Auf Grund unserer Versuche können wir also gegensätzliche Veränderungen der Wellenlängen der Linien im «Funken umgekehrt» und «nicht umgekehrt» nicht als thatsächlich existierend ansehen, wenigstens gelten sie nicht für die von den Herren Exner und Haschek angeführten Calciumlinien $\lambda = 3159$, 3179, 3181, 3706 und 3737. Die von den Genannten auf Grund der scheinbaren Verschiebung der angeführten Calciumlinien und gestützt auf die Arbeiten Jewell's, Humphrey und Mohler's (s. Citat) über Variationen der Wellenlänge einzelner Linien zufolge variablen Druckes und variabler Dichte des betreffenden Metalldampfes gemachte Annahme eines enorm gesteigerten Druckes im Innern der Funkenbahn erscheint uns zweifelhaft.

Keine Verschiebung der Linien beobachteten Exner und Haschek bei $\lambda = 4302$, 4299, 4289, 4283, 4226, 3968, 3933. Diese Linien sind es aber gerade, welche nach Humphrey und Mohler's grundlegenden Untersuchungen[2]) Verschiebungen bei steigendem Drucke unterworfen sind. Wenn also im Calciumspectrum unter Zugrundelegung der Humphrey und Mohler'schen Untersuchungen auf einen enorm gesteigerten Dampfdruck geschlossen werden soll, so müssten doch in erster Linie die angeführten

---

[1]) Stark exponierte, etwas nach Violett verbreiterte Linien geben im entgegengesetzten Sinne stark abweichende Zahlen.

[2]) «Astrophysikal Journal», Bd. III, pag. 128.

Humphrey und Mohler'schen Standards Verschiebungen zeigen, wenn man die Humphrey und Mohler'schen Schlussfolgerungen anwenden will. Die erwähnten Standards zeigen aber nach Exner und Haschek's eigenem Befunde, sowie nach unseren (mit grösserer Dispersion angestellten) Messungen keine Verschiebungsphänomene. Deshalb erachten wir die Annahme enormer Druckerscheinungen in der Funkenbahn des Calciumfunkens für nicht erwiesen und zweifelhaft.

Zum Schlusse bemerken wir noch, dass wir wiederholt experimentell die von Jewell, Humphrey und Mohler gemachte Beobachtung bestätigt fanden, dass die Verbreiterung oder Verschiebung bei steigendem Drucke nach Roth zu erfolgt. Aber wir glauben, dass kein Grund zur Annahme eines enorm hohen Druckes in der Funkenbahn vorhanden ist, wenn keine andere Stütze hiefür besteht, als die geschilderten Verbreiterungserscheinungen im Funkenspectrum des Calciums an der Luft bei gewöhnlichem Drucke. Wir fanden nämlich bei einigen Calciumlinien Erscheinungen, die für das Gegentheil sprechen, indem andere Linien im Bogenspectrum nach Roth verbreitert erscheinen, dagegen im Funkenspectrum scharf bleiben.

Funkenspectrum des Lithiums.

Das Spectrum des Lithiums zeichnet sich durch seinen einfachen Bau und die geringe Anzahl der Linien sowohl im Bogen als auch im Funken aus und ist (wenn man das gesammte sichtbare und ultraviolette Spectrum in Betracht zieht) sogar linienärmer, als das Natriumspectrum.

Das Bogenspectrum wurde von Kayser und Runge[1]) erschöpfend untersucht, sie fanden 18 Linien. Das ultraviolette Funkenspectrum des Lithiums untersuchten Exner und Haschek und zwar unter Anwendung von auf Eisen aufgeschmolzenem Lithiumsulfat. Sie konnten im ganzen ultravioletten Bezirke nur drei Lithiumlinien ($\lambda = 2815 \cdot 55$, $3232 \cdot 91$, $4603 \cdot 10$) finden[2]).

Uns interessierte besonders jene Lithiumlinie, welche Exner und Haschek mit der Wellenlänge 3232·91 bestimmten, weil sie von den Genannten als einer der Beweise angeführt wird (nächst Calciumlinien, s. vorher), dass Linienverschiebungen zwischen Bogen- und Funkenspectrum sich bemerkbar machen, aus denen sie die in unserer vorhergehenden Abhandlung «Über das Spectrum des Calciums etc.» citierten Schlussfolgerungen ziehen. Wir suchten das complete Funkenspectrum des Lithiums zu gewinnen und benützten metallische Lithiumelektroden (an der Luft) und einen starken Ruhmkorff'schen Flaschenfunken.

Das metallische Lithium stellte uns Hofrath Professor Dr. Ludwig freundlichst zur Verfügung; dasselbe war von ihm selbst auf elektrolytischem Wege dargestellt worden und es liessen sich in diesem Lithium nur Spuren von Magnesium und Kupfer spectralanalytisch nachweisen. Das letztere leistete uns bei den Wellenlängebestimmungen gute Dienste, indem die von Rowland als Standard benützte Hauptlinie des Kupfers $\lambda = 3247 \cdot 671$ dabei als sehr feine scharfe Linie in unseren Spectrumphotogrammen hervortrat und eine sehr genaue Messung der fraglichen Linie $\lambda = 3232$ gestattete; selbstverständlich photographierten wir auch Eisenstandards zur Controle mit.

Die Aufnahmen wurden mit unserem grossen Concavgitter gemacht. Die Genauigkeit der zumeist unscharfen Lithiumlinien dürfte 0·05 Angström'sche Einheiten betragen, bei der von uns an verschiedenen kurz exponierten Lithiumplatten gemessenen Linie $\lambda = 3232$ aber wohl auf 0·02 Angström'sche Einheiten gesteigert worden sein. Die letztgenannte Lithiumlinie ist nämlich einseitig verbreitert (nach Roth) und in derselben Richtung unscharf. Wir erhielten die Linie bald umgekehrt, bald nicht. Misst man die Mitte der nicht umgekehrten Linie, welche etwas reichlich belichtet worden war, bei kräftig («hart») entwickelten Platten, so kann man den dominierend hellen Linienkern nicht mehr von der ein-

---

[1]) Preussische Akad. d. Wissensch., Berlin 1890; s. auch Watt's: «Index of Spectra», 1893.

[2]) Sitzungsberichte d. kaiserl. Akad. d. Wissensch., Wien, Bd. CVI, Abth. II, December 1897.

seitigen schwächeren Verbreiterung trennen und man erhält dann stark schwankende Werte von durchschnittlich λ = 3232·96. Exner und Haschek gaben dieser Linie den Wert λ = 3232·91. Exponiert man aber kurz, so erhält man die Linie schmal und sehr scharf messbar und der nunmehr constante Wert der Wellenlänge wurde von uns mit λ = 3232·798 bestimmt. Hält man diese Zahl den Kayser und Runge'schen Werten der entsprechenden Bogenlinien mit λ = 3232·77 entgegen, so ergibt sich eine weit geringere Abweichung zwischen Funken und Bogen als Exner und Haschek fanden, demzufolge entfällt nach unseren Versuchsergebnissen und Messungen der Grund, irgend welche beträchtliche Verschiebung dieser Linie im Funkenspectrum gegenüber dem Bogenspectrum annehmen zu können. Für die Linie λ = 4602·46 fanden wir diesen Wert als Mittel von 10 Bestimmungen mit dem möglichen Fehler von 0·05 Angström'schen Einheiten; diese Linie hat aber ein sonderbares Aussehen, weil die Umkehrungserscheinung[1]) ungewöhnlich breit ist, und deshalb schwer messbar wird und weil der angrenzende Theil nach Roth zu stärker verbreitert erscheint. Es ist somit das Phänomen analog dem in der vorigen Abhandlung beschriebenen Verhalten einseitig verbreiterter Linien. Übrigens kommen sowohl im Bogen- als auch im Funkenspectrum mehrfach nach Roth verbreiterte Linien vor, so dass dieses Phänomen keinen principiellen Unterschied zwischen beiden Arten von Spectren darbietet.

Die von Exner und Haschek geführte Lithiumlinie λ = 2815·55 konnten wir trotz aller Bemühung bei Verwendung unserer reinen Lithiummetallelektroden nicht erhalten, obschon wir andere Nebenlinien, welche die Genannten bei ihrer Versuchsanordnung wegen geringer Lichtintensität nicht erhalten konnten, sehr deutlich photographierten. Nach unserer Ansicht muss deshalb die Linie λ = 2815·55 aus der Reihe der Lithiumlinien gestrichen werden.

Lithium.

Die Intensität der hellsten Linie $i = 10$, jene der schwächsten = 1.

Eder und Valenta				Kayser und Runge		
Flammenspectrum	Funkenspectrum			Bogenspectrum		
λ	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
6708	6708·2	10	von uns gesehen, aber nicht gemessen	6708·2	10	meist umgekehrt
6103	6103·77	10		6703·77	10	„
	4972·11	4		4972·11	5	unscharf gegen Roth
4602	4602·46	10	umgekehrt, verbreitert nach Roth	4602·37	10	umgekehrt
	4273·52	4	unscharf gegen Roth	4273·44	4	unscharf nach Roth
	4132·57	6	unscharf, nach beiden Seiten stark verbreitert	4132·44	8	unscharf nach beiden Seiten
	3985·90	1	unscharf nach Roth	3985·94	2	unscharf nach Roth
				3915·2	5	unscharf, nach beiden Seiten umgekehrt
				3838·3	1	unscharf nach Roth
				3794·9	4	unscharf nach beiden Seiten
				3718·9	1	„
				3670·6	1	„
3232·8	3232·798	8	bei kurzer Belichtung scharf, bei längerer verbreitert nach Roth	3232·77	8	meist umgekehrt
	2741·57	2		2741·39	5	„
				2562·60	4	„
				2475·13	4	„
				2425·55	2	„
				2394·54	1	„

[1]) Der helle Streifen im Spectrumnegative.

Vergleicht man diese drei Spectren, so ergibt sich, dass das Flammenspectrum naturgemäss sehr linienarm ist, das Funken- und Bogenspectrum dagegen differieren unter sich weniger als dies bei Kalium und Natrium der Fall ist. Wir fanden keine einzige Lithiumlinie im Funken, welche mit charakteristischer Helligkeit sich vom Bogenspectrum unterscheiden würde, während beim Natrium- und noch mehr beim Kaliumfunkenspectrum viele charakteristische Linien auftauchen, die im Bogen fehlen. Es scheint uns der Zuwachs von hellen Linien im Funkenspectrum gegenüber dem Bogenspectrum in einem gewissen Zusammenhange mit dem Atomgewichte dieser Gruppe von Elementen zu stehen, da diese Erscheinung am stärksten bei Kalium, weniger bei Natrium und noch weniger oder nicht beim Lithium auftritt.

Spectralanalyse der Leuchtgasflamme.

Von

J. M. Eder und **E. Valenta.**

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 7. Juli 1898.)

Über das Spectrum der in Luft oder Sauerstoff mit schwach leuchtender Flamme brennenden Kohlenwasserstoffe, namentlich des blauen Flammenkegels in der Flamme des Bunsen'schen Gasbrenners, liegen seit dem Jahre 1856 mehrfache Untersuchungen vor, welche sich sowohl auf den sichtbaren als au, den ultravioletten Theil desselben erstrecken. Dieser letztere wurde von einem von uns im Jahre 1886 unter Anwendung eines Glasspectrographen entdeckt und 1890 zugleich mit dem sichtbaren Spectrum mittelst eines Quarzspectrographen von geringer Dispersion (ein Quarzprisma) untersucht, die Spectrumphotographie publiciert und die Wellenlängen der wichtigsten charakteristischen Linien und Banden gemessen[1]). Mittlerweile erschien die Abhandlung von W. N. Hartley über «Flame Spectra at highes temperatures», Part. I (Philos. Transact. Royal Loc. London, Bd. CLXXXV [1894], pag. 161), worin das Spectrum der Sauerstoff-Leuchtgasflamme beschrieben wird; Hartley berücksichtigte hierbei die eingangs erwähnte Arbeit nicht oder — kannte sie nicht.

Nun differieren aber die von Hartley angegebenen Lagen der «Markinglike sharp lines» bedeutend mit den früheren Angaben.

Die höchst charakteristische blaue Kohlenbande δ im Swan'schen Spectrum, welche bei $\lambda = 4737$ besonders auffällig einsetzt (und von uns identisch mit der «vierten Kohlenbande» Kayser und Runge's im elektrischen Kohlenbogen gefunden wurde), ist bei Hartley nicht erwähnt, es sei denn, dass man annimmt, es seien Messungsfehler von beiläufig fünf ganzen Angström'schen Einheiten unterlaufen, das heisst, es seien Hartley's Zahlen $\lambda = 4732$ und 4720 ungenaue Werte der von uns gemessenen markanten Kanten $\lambda = 4737$ und 4715. Dagegen spricht aber der Umstand, dass Hartley selbst diese Linien für andere als die Kayser und Runge'schen Kanten hält und letztere nicht als vergleichbar citiert.

Hartley kommt an zahlreichen ähnlichen Hauptpunkten in Differenz mit allen früheren Spectralanalytikern (Swan, Angström, Thalén, Hasselberg, Lecoq, Eder u. A.).

Da wir aber diese Banden (Kanten und Liniengruppen) stets sehr deutlich und mit den verschiedensten Apparaten (Quarz- und Glasspectrograph, kleines und grosses Concavgitter) fanden, so mussten wir annehmen, dass die Wellenlängenmessungen Hartley's sehr ungenau waren. Derselbe arbeitete

[1]) Vergl. pag. 5 dieser Abhandlungen.

nämlich mit sehr weitem Spalte und einem Quarzprisma, welche beide Umstände, wenn sie zusammenwirken, eine genaue Definition ausschliessen.

Nur so kann man es erklären, dass bei Hartley die charakteristische Liniengruppe (scheinbar einzelnstehende Linien) $\lambda = 4324$ fehlt, welche doch von dem einen von uns gleichfalls mit einem Quarzapparate seinerzeit aufgefunden und bei unseren folgenden Arbeiten mit dem Gitterspectrographen sichergestellt wurde; ebenso findet sich die ultraviolette Bande ζ bei Hartley derartig verstümmelt angegeben, dass die Sache eine Klärung nöthig macht. Wir unterzogen deshalb die Sauerstoff-Leuchtgasflamme nicht nur einer neuerlichen Untersuchung mit dem Quarzapparate bei sehr engem Spalte, sondern auch mit unserem lichtstarken Gitterspectrographen mit kurzem Focus, sowie zum Schlusse mit dem grossen Gitter mit langem Focus (Krümmungsradius = 15 Fuss englisch) einer neuerlichen sorgfältigen Untersuchung, um genaue Werte füı die Wellenlängen der Leuchtgasflamme (blauer Flammenkegel) zu erhalten.

Wir liessen Sauerstoff unter dem Drucke von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Atmosphären mittelst eines Linneman'schen Gebläses in Leuchtgas treten, so dass ein heller blauer Flammenkegel entstand, welcher das in Rede stehende Spectrum am deutlichsten aussendet, während die obere farblose Partie nur das Oxyhydrogenspectrum gibt. Bei anderen Versuchsreihen mässigten wir die Sauerstoffzufuhr auf ein Minimum, so dass gerade noch ein blauer Kegel entstand, und endlich arbeiteten wir auch mit dem gewöhnlichen Leuchtgas-Bunsenbrenner, um den Charakter der Spectren bei relativ niederer Temperatur zu studieren. Die Belichtungszeit schwankte in letzterem Falle von 6 bis 12 Stunden bis zu acht Tagen; das Vergleichsspectrum (Eisenfunken) wurde zu Anfang und am Schlusse der Versuche einphotographiert und nur jene Platten zu Messungen benützt, bei welchen die Ungenauigkeiten der Resultate durch Temperaturschwankungen während des Versuches nicht mehr als circa 0·05 Angström'sche Einheiten betrugen. Bei sehr reichlicher Sauerstoffzufuhr und dadurch bedingte relativ hohe Temperaturen treten nicht nur die Kanten der Banden deutlicher hervor, sondern im Anschlusse an dieselben erscheinen (bei Anwendung des Gitter-Spectrographen mit grosser Dispersion) zahlreiche feine Linien; das continuierliche Spectrum, mit welchem die Kanten der Banden bei kleinerer Dispersion scheinbar abschattiert sind, besteht also aus Liniengruppen, welche umso deutlicher werden, je höher die Verbrennungstemperatur wird. Bei relativ niedrigen Temperaturen, besonders bei der Bunsen'schen Flamme (Leuchtgas und Luft) sind die abschattierten Liniengruppen stark verschwommen, so dass sie fast als homogene Schattierung erscheinen und die an den Kanten sich zusammenballenden Linien bilden dann dunkle Streifen, welche bereits früher photographisch abgebildet und reproduciert wurden [1]).

Trotz dieser Schwankungen konnten wir unter allen Umständen die zu Grunde liegende Type des Spectrums der Leuchtgasflamme erkennen.

Die von uns mit Benützung unseres grossen Concavgitters (Spectrum zweiter Ordnung) erzielte Genauigkeit ist eine nach der Schärfe der Liniengruppen verschiedene. Die schärferen Linien der charakteristischen violetten und ultravioletten Hauptbanden $\lambda = 4314$ bis 3871 dürften mit keinen grösseren Messungsfehlern als 0·01 bis 0·02 Angström'schen Einheiten behaftet sein, während die weniger gut photographierbaren Linien im violetten Bande ζ Messungsfehler von beiläufig 0·03 Angström'sche Einheiten enthalten dürften, wogegen die blaugrünen Banden δ noch etwas weniger präcise auf unseren Photogrammen erschienen (wir benützten Jodbromsilberplatten, da reine Bromsilberplatten in diesem Bezirke, um $\lambda = 4700$, schon weniger empfindlich sind), vielleicht im ungünstigsten Falle Fehler bis 0·07 Angström'sche Einheiten aufweisen mögen. Die feineren und undeutlicheren Linien der abschattierten Banden entzogen sich bei letzterem Bande zum Theile der Messung, so dass die Anzahl derselben in Wirklichkeit grösser ist, als die in unserer Tabelle trotzdem noch in reichlicher Zahl angeführten Linien; übrigens reichen dieselben vollkommen zur Charakterisierung der Spectralbande aus.

---

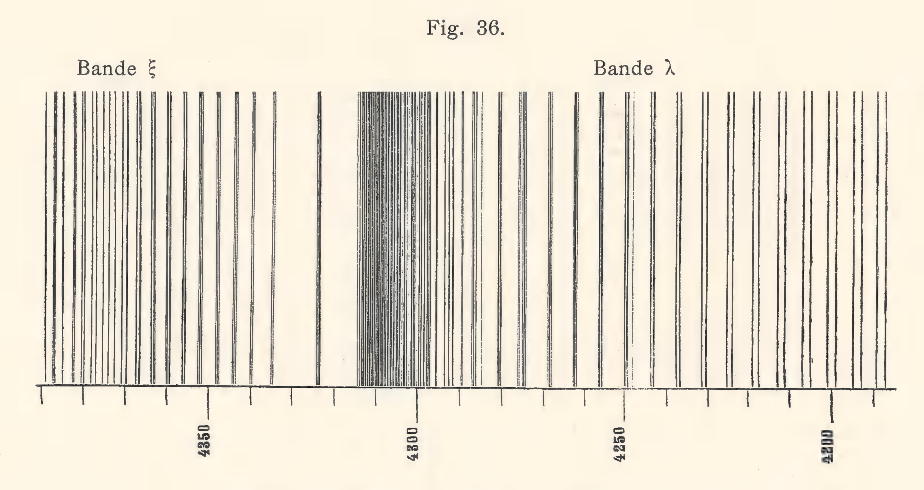
[1]) Vergl. pag. 1 dieser Abhandlungen.

Unsere neuen Messungen, welche wohl das Spectrum der Sauerstoff-Leuchtgasflamme (Swan'sches Spectrum) mit weitaus grösserer Genauigkeit als alle früheren Messungen feststellen, lassen über die Anordnung der Banden keinen Zweifel zu. Daraus geht hervor, dass die in Eder's vorher citierter Abhandlung gegebene Charakterisierung des Swan'schen Spectrums (im sichtbaren und auch im ultravioletten Theile) vollständig zutreffend war und weit besser mit den Ergebnissen unserer Resultate mit dem grossen Gitterspectrographen übereinstimmt, als Hartley's Angaben.

Die von Hartley auf Grund seiner ungenauen Messungen angenommenen Beziehungen des Spectrums der Oxygen-Leuchtgasflamme sind also nicht mehr stichhältig, wenn man die genauen Zahlen unserer weit besser definierten Spectren einsetzt.

Hartley glaubte die Kayser und Runge'schen Cyanbanden $\lambda = 4215$, 4208 etc. des elektrischen Kohlenbogenlichtes in der Oxygen-Leuchtgasflamme zu finden. Dagegen ergeben unsere Messungen zweifellos, dass die mit $\lambda = 4216$ beginnende violette Cyanbande mit der violetten Leuchtgas-

Fig. 36.



Theil des Spectrums brennender Kohlenwasserstoffe.

flammenspectralbande (ζ) gar nichts gemein hat[1]) und nur ungenaue Messungen können zu solchen irrigen Schlüssen führen.

Die Spectralanalyse des Spectrums der Oxygen-Leuchtgasflamme (Swan'sches Spectrum) ergab uns folgende Resultate:

Die gelbe (β), die grüne (γ) und die grünlichblaue (δ) Bande des Swan'schen Spectrums brennender Kohlenwasserstoffe besteht aus mehreren nach Violett abschattierten Kanten, welche bei guter Auflösung sich als aus zahlreichen feinen Linien zusammengesetzt erweisen. Dieselben, sowie die Bande (ε) finden sich auch mit überraschender Übereinstimmung im Spectrum des elektrischen Kohlenbogens, sowie wahrscheinlich auch im brennenden Cyangas. Es sind also höchstwahrscheinlich ziemlich allgemein unter verschiedenen Verhältnissen auftretende Bestandtheile des Kohlenstoffspectrums oder bestimmte Formen desselben.

Die grüne Bande γ, sowie die blaue, δ, enthalten ausser den charakteristischen Kanten noch viele feine Linien, welche sich gegen die violette Seite des Spectrums fortsetzen und bei sehr langer Belichtung und intensiver Verbrennung des Leuchtgases deutlich auftreten.

Im Violett treten die Kanten der Kohlenstoffbanden des elektrischen Kohlenbogens nur fragmentarisch auf (4380, 4372, 4365) und verschwinden beim lebhaften Anfachen der Flamme mit Sauerstoff.

[1]) Was übrigens bereits in der schon vorher citierten Abhandlung, pag. 1, constatiert wurde.

Dagegen beginnen dort die specifisch charakteristischen ultravioletten Banden (ζ bis η) brennender Kohlenwasserstoffe, welche diese Art von Spectrum typisch vom elektrischen Kohlenbogen unterscheidet.

Diese zuerst von dem einen von uns aufgefundene Hauptbande im Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe fehlt also im elektrischen Kohlenbogen, scheint sich aber im brennenden Cyangas zu finden.

Diese wichtigen Banden bilden wir als genaues Facsimile der mit dem grossen Gitterspectrographen gewonnenen Photographie in Fig. 36 auf Seite 347 ab, während die genaue Wellenlänge der betreffenden Linien in unserer Tabelle angegeben ist.

Im Übrigen bemerken wir noch, dass die in der Leuchtgasflamme stets intensiv auftretenden ultravioletten Wasserbanden sich stets sehr deutlich nachweisen lassen; sie müssen beim Arbeiten im Spectrum zweiter Ordnung im Blauviolett durch starkes grünliches Glas abfiltriert werden.

In nachstehender Tabelle geben wir die von uns ermittelten Wellenlängen des Swan'schen Spectrums (mit Ausschluss der Wasserbanden). Da man bei den gewöhnlichen Laboratoriumsarbeiten mit kleinen Prismenspectroskopen in der Regel nur die mangelhaft aufgelösten Kohlenstoffbanden beobachten kann und die völlig aufgelösten Spectren einen stark abweichenden Gesammteindruck gewähren, so ist es nützlich, die Lage der Kanten (scheinbar ziemlich scharfe einzelnstehende oder zu Gruppen vereinigte Linien) festzustellen. Deshalb haben wir eine Rubrik für das scheinbare Aussehen des Swan'schen Spectrums bei kleiner Dispersion beigegeben.

Auf die vergleichsweise Anführung und Nebenstellung der Hartley'schen Zahlen in unserer Tabelle haben wir verzichtet, weil die ersteren in so hohem Grade ungenau sind, dass eine Vergleichung unthunlich erscheint.

Wellenlänge-Messungen im Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe.

(Swan'sches Spectrum.)

Rowland'sche Einheiten. — Die Intensität (*i*) der stärksten Linien = 10, die der schwächsten = 1).

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	*i*	Anmerkung	λ	*i*	Anmerkung
rothe Bande α	6188	—	erscheint nur beim Anfachen mit Sauerstoff deutlich; im Bunsen'schen Brenner nur als undeutliches verschwommenes Band	—	—	bei grosser Dispersion erscheinen diese Banden α, β und γ in sehr viele feine Linien aufgelöst, welche wahrscheinlich dieselbe Structur, wie die an derselben Stelle liegenden Kohlenbanden im elektrischen Kohlenbogenlichte besitzen; der Fall ist ganz analog wir bei Bande δ, die wir bei grosser Dispersion gemessen haben
	6120	—		—	—	
	6052	—		—	—	
	5999	—		—	—	
	5955	—		—	—	
gelbe Bande β	5635	—		—	—	
	5585	—		—	—	
	5541	—		—	—	
	5501	—		—	—	
	5471	—		—	—	
	5442	—	diese Linien erscheinen nur in der Leuchtgas-Sauerstoff-Flamme	—	—	
	5423	—		—	—	
grüne Bande γ	5165	—		—	—	bei sehr reichlicher Sauerstoffzufuhr lösen sich die nebenstehenden Kanten der Banden als Anfangslinien eines zahlreichen Liniensystems (Kohlenbanden des elektrischen Flammenbogens) auf. Bei sehr reichlicher Sauerstoffzufuhr treten die brechbareren Nebenlinien besser hervor, so dass man sie bis circa λ > 4800 verfolgen kann; sie sind aber nicht charakteristisch
	5129	—		—	—	
	5096	—		—	—	
	5084	—	erscheint nur in der Leuchtgas-Sauerstoff-Flamme	—	—	

Eder und Valenta						
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	*i*	Anmerkung	λ	*i*	Anmerkung
	4737	—	die nebenstehenden Linien erscheinen auf einem continuierlichen hellen Grunde zu liegen. Dieser lässt sich jedoch in feine Linien auflösen (s. nebenstehende Tabelle	4737·25	1	Kante der Bande
	—	—		4736·62	1	
	—	—		4736·35	1	
	—	—		4736·18	1	
	—	—		4735·80	1	
	—	—		4735·55	1	
	—	—		4735·03	1/2	
	—	—		4734·63	1/2	
	—	—		4734·17	1/2	
	—	—		4733·53	1/2	
	—	—		4732·97	1/2	
	—	—		4732·42	1/2	
	—	—		4731·96	1/2	
	—	—		4730·91	2	
	—	—		4730·06	1	
	—	—		4729·36	2	
	—	—		4728·91	1	
	—	—		4728·58	1/2	
	—	—		4728·32	1/2	verschwommen
	—	—		4727·61	1	wahrscheinlich doppelt
	—	—		4726·45	1	
	—	—		4726·06	1	
	—	—		4725·75	2	
	—	—		4724·98	1	
	—	—		4724·47	1	
	—	—		4723·95	1/2	
	—	—		4723·62	1	
blaue	—	—		4722·31	1/2	
Bande δ	—	—		4721·45	1/2	
	—	—		4721·16	1/2	
	—	—		4720·68	1/2	
	—	—		4718·74	1/2	
	—	—		4718·36	1/2	
	—	—		4718·19	1/2	
	—	—		4717·57	1	
	—	—		4717·40	1	
	—	—		4716·76	1/2	
	—	—		4716·04	1/2	
	4715	—		4715·73	1/2	
	—	—		4715·37	1	
	—	—		4715·18	1	
	—	—		4714·99	1	
	—	—		4714·80	1	
	—	—		4714·70	1	
	—	—		4714·11	1/2	
	—	—		4713·57	1/2	
	—	—		4713·27	1/2	
	—	—		4712·81	2	
	—	—		4712·37	1/2	doppelt
	—	—		4711·71	1/2	„
	—	—		4710·98	1/2	
	—	—		4710·58	1	
	—	—		4709·86	1/2	
	—	—		4709·21	1/2	„
	—	—		4708·78	1/2	

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	i	Anmerkung	λ	i	Anmerkung
blaue Bande δ	—	—		4708·60	1/2	
	—	—		4707·66	1/2	
	—	—		4707·50	1/2	undeutlich
	—	—		4707·08	1/2	
	—	—		4706·92	1/2	
	—	—		4706·79	1/2	
	—	—		4705·99	1/2	
	—	—		4705·43	1/2	mit einer Liniengruppe
	—	—		4705·19	1/2	
	—	—		4704·44	1	
	—	—		4704·16	—	
	—	—		4704·08	—	
	—	—		4703·76	—	
	—	—		4702·67	1/2	
	—	—		4702·13	3	
	—	—		4701·14	1	
	—	—		4700·56	1	
	—	—		4700·32	1/2	
	—	—		4700·28	1/2	
	—	—		4700·08	1/2	
	—	—		4698·96	1	
	—	—		4698·41	2	
	4697	—		4697·66	4	Kante
	—	—		4697·57	2	
	—	—		4697·22	1	
	—	—		4696·99	1	
	—	—		4696·59	2	
	—	—		4696·34	1	
	—	—		4696·06	1	
	—	—		4695·28	3	
	—	—		4695·04	3	
	—	—		4694·84	2	
	—	—		4694·63	1	
	—	—		4694·30	1/2	
	—	—		4693·95	2	
	—	—		4692·93	2	
	—	—		4692·06	1	
	—	—		4690·78	2	
	—	—		4689·62	1	
	—	—		4688·80	1	
	—	—		4687·22	1	
	—	—		4686·60	1	
	—	—		4684·95	1	
	—	—		4684·79	1	
	4684	—		4684·58	3	"
	—	—		4684·54	3	
	—	—		4684·49	1	
	—	—		4683·88	1/2	
	—	—		4683·61	2	
	—	—		4682·75	2	
	—	—		4682·30	3	
	—	—		4681·78	1/2	
	—	—		4680·25	3	undeutliche Kante
	—	—		4679·44	1	
	4679	—		4678·74	1	

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	i	Anmerkung	λ	i	Anmerkung
blaue Bande δ	—	—		4678·56	1	
	—	—		4678·37	1/2	
	—	—		4677·91	1	
	—	—		4677·75	1/2	
	—	—		4676·73	1/2	
	—	—		4676·29	1	
	—	—		4676·17	1/2	
	—	—		4675·84	3	
	—	—		4675·54	1	
	—	—		4675·38	1/2	
	—	—		4673·91	2	
	—	—		4673·34	3	
	—	—		4672·81	1/2	
	—	—		4672·18	2	
	—	—		4671·75	1	
	—	—		4671·11	2	
	—	—		4670·89	1	
	—	—		4670·44	1	
	—	—		4670·24	2	
	—	—		4669·79	1/2	
	—	—		4669·26	1/2	
	—	—		4668·57	1	
	—	—		4666·39	2	
	—	—		4666·18	2	
	—	—		4665·90	2	
	—	—		4664·53	1	
	—	—		4664·40	2	
	—	—		4662·28	1	
	—	—		4660·27	2	
	—	—		4659·61	1	
	—	—		4659·42	1	
	—	—		4658·95	1	
	—	—		4658·70	1	
	—	—		4658·19	1/2	
	—	—		4656·36	1/2	
	—	—		4656·08	1/2	
	—	—		4654·87	1/2	
	—	—		4653·90	1/2	
	—	—		4653·59	1	
	—	—		4653·13	1/2	
	—	—		4652·27	1/2	
	—	—		4651·98	1/2	
	—	—		4651·63	1/2	
	—	—		4651·18	1	
	—	—		4651·03	1	
	—	—		4650·50	1/2	
	—	—		4649·29	1	
	—	—		4647·02	1	
	—	—		4645·65	1/2	
	—	—		4644·54	2	
	—	—		4643·12	1/2	
	—	—		4642·35	1/2	
	—	—		3641·31	1/2	
	—	—		4640·55	1/2	
	—	—		4639·78	1/2	

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	i	Anmerkung	λ	i	Anmerkung
blaue Bande δ	—	—		4638·42	½	
	—	—		4638·10	½	
	—	—		4637·68	½	
	—	—		4637·54	1	
	—	—		4637·06	½	
	—	—		4636·76	½	
	—	—		4636·34	½	
	—	—		4636·08	½	
	—	—		4635·50	½	
	—	—		4635·03	½	
	—	—		4634·89	½	
	—	—		4634·24	½	
	—	—		4634·09	½	
	—	—		4633·61	½	
	—	—		4633·02	½	
	—	—		4632·28	½	
	—	—		4632·10	½	
violette Bande ε	—	—	die ziemlich breiten, aber nicht intensiv bandartigen Streifen 4380, 4372 und 4364 beobachteten wir in gewöhnlichen Bunsen'schen Flammen oder schwach mit Sauerstoff angefachten Sauerstoff-Leuchtgasflammen neben der deutlich aber nicht sehr stark ausgebildeten, linienreichen Gruppe ζ; letztere entwickelt sich bei reichlicher Zufuhr von gepresstem Sauerstoff besonders deutlich und präcise, während die genannten Streifen zurücktreten	4389·86	1	
	—	—		4389·06	1	
	—	—		4387·69	1	
	—	—		4387·22	1	
	—	—		4385·29	4	
	—	—		4383·16	2	
	—	—		4382·96	2	
	4380	—		4380·91	4	
	—	—		4380·17	4	
	—	—		4378·40	3	
	—	—		4377·39	4	
	—	—		4375·79	3	
	—	—		4374·36	4	
	4372	—		4372·92	3	
	—	—		4371·14	5	
	—	—		4369·96	4	
	—	—		4367·86	5	
	—	—		4366·77	3	
	—	—		4366·67	3	
	4364	—		4364·27	3	
	—	—		4363·97	3	
	—	—		4363·42	2	
	—	—		4363·22	2	
	—	—		4360·62	2	
	4359·7	—		4359·83	3	
	—	—		4359·61	3	
	—	—		4356·67	2	
	4356·4	—		4356·43	2	
	—	—		4356·12	2	
	—	—		4355·84	2	
	—	—		4352·85	1	
	4352·61	—		4352·61	2	
	—	—		4352·36	3	
	—	—		4352·17	3	
	—	—		4351·90	3	
	—	—		4348·45	2	
	4348·4	—		4348·076	4	
	—	—		4346·37	1	

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	*i*	Anmerkung	λ	*i*	Anmerkung
violette Bande ε	—	—		4344·05	1	
	4344·0	—		4343·71	1	
	—	—		4343·51	1	
	—	—		4343·23	1	
	4339·5	—		4339·51	1	
	—	—		4339·07	1	
	4335·0	—		4334·87	1	
	—	—		4334·78	1	
	—	—		4324·47	1	einzelnstehende Liniengruppe
	—	—		4324·26	1	
	4324·0	—	scheinbar einzelnstehende starke Linie	4323·97	5	
	—	—		4323·53	2	
	—	—		4323·28	3	
	—	—		4323·04	3	
violette Bande ζ	4314·3	—	scheinbar einfache starke Anfangslinie auf continuierlich gegen Ultraviolett abschattiertem Grunde	4314·26	3	Diese Bande tritt nicht im elektrischen Kohlenbogenlichte auf, sondern ist dem Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe (vielleicht auch brennendem Cyan) eigenthümlich. Die Cyanbande (im Kohlenbogenlichte) λ = 4216 u. ff. hat mit dieser Bande nichts gemein
	—	—		4313·71	4	
	—	—		4313·14	4	
	—	—		4313·05	4	
	—	—		4312·85	3	
	—	—		4312·63	3	
	—	—		4312·32	6	
	—	—		4312·18	6	
	—	—		4311·78	3	
	—	—		4311·57	7	
	—	—		4311·28	4	
	—	—		4311·11	2	
	—	—		4310·73	3	
	—	—		4310·51	4	
	—	—		4310·19	8	
	—	—		4309·79	3	
	—	—		4309·49	4	
	—	—		4309·25	4	
	—	—		4308·94	4	
	—	—		4308·63	3	
	—	—		4308·26	3	
	—	—		4308·06	3	
	—	—		4307·72	5	
	—	—		4307·46	3	
	4306·0	—		4306·91	4	
	—	—		4306·79	4	
	—	—		4306·24	3	
	—	—		4306·02	4	
	—	—		4305·59	3	
	—	—		4305·52	3	
	—	—		4305·15	1	
	—	—		4304·91	1	
	—	—		4304·69	3	
	—	—		4304·50	2	
	—	—		4304·06	8	
	—	—		4303·80	1	
	—	—		4303·47	1	
	—	—		4303·20	1	
	—	—		4302·99	3	
	—	—		4302·84	4	
	—	—		4302·40	4	

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	i	Anmerkung	λ	i	Anmerkung
	—	—		4301·90	2	
	—	—		4301·23	3	
	—	—		4301·11	2	
	—	—		4300·68	4	
	—	—		4300·44	3	
	—	—		4300·02	1	
	4299·0	—		4299·30	3	
	—	—		4298·94	4	
	—	—		4298·06	5	
	—	—		4297·86	1	
	—	—		4297·61	2	
	—	—		4297·38	4	
	—	—		4297·09	4	
	—	—		4296·82	4	
	—	—		4296·41	1	
	—	—		4295·34	3	
	—	—		4295·18	2	
	4293·5	—		4293·26	5	
	—	—		4292·18	6	
	—	—		4291·31	5	
	—	—		4291·13	3	
	—	—		4289·28	1	
	—	—		4289·21	1	
	—	—		4288·81	2	
	—	—		4287·03	1	
	4286·0	—		4286·59	4	
violette Bande ζ	—	—		4286·32	3	
	—	—		4286·23	3	
	—	—		4285·66	2	
	—	—		4285·56	2	
	—	—		4285·10	1	
	—	—		4285·02	1	
	—	—		4284·21	2	
	4282·0	—		4282·11	2	
	—	—		4281·16	1	
	—	—		4281·14	1	
	—	—		4280·33	3	
	—	—		4280·15	3	
	—	—		4279·86	3	
	—	—		4279·52	3	
	4276	—		4275·72	2	
	—	—		4275·45	3	
	—	—		4275·03	1	
	—	—		4274·34	3	
	—	—		4274·01	3	
	—	—		4273·89	3	
	—	—		4273·58	2	
	—	—		4270·24	1	
	—	—		4269·91	2	
	4268	—		4268·18	3	
	—	—		4267·86	4	
	—	—		4267·52	2	
	4262	—		4262·10	3	
	—	—		4261·85	3	
	—	—		4261·64	3	

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	i	Anmerkung	λ	i	Anmerkung
violette Bande ζ	—	—		4261·30	3	
	—	—		4259·36	1	
	—	—		4259·23	1	
	—	—		4258·87	1	
	—	—		4258·63	1	
	—	—		4255·91	3	
	4256	—		4255·72	3	
	—	—		4255·38	3	
	—	—		4255·14	3	
	4250	—		4249·78	3	
	—	—		4249·64	3	
	—	—		4249·08	3	
	—	—		4248·91	3	
	4244	—		4243·54	6	
	—	—		4242·67	3	
	—	—		4242·53	3	
	—	—		4238·22	1	
	4237	—		4237·28	8	
	—	—		4236·39	3	
	—	—		4236·25	3	
	—	—		4233·14	1	
	4231	—		4231·13	4	
	—	—		4229·93	3	
	4225	—		4225·00	3	
	—	—		4223·66	4	
	4218	—		4218·82	4	
	—	—		4217·32	3	
	4212	—		4212·75	3	
	—	—		4211·07	3	
	4206	—		4206·05	2	
	—	—		4204·91	2	
	4201	—		4200·73	3	
	—	—		4198·66	1	
	4195	—		4194·87	2	
	4190	—		4192·27	1	
	—	—		4186·80	1	
	—	—		4180·99	1	
ultra-violette Bande η	4048	—		4047·8	1	von hier hebt eine neue Bande schwach an
	4033	—		4033·3	1	
	4019	—		4019·5	1	
	—	—		4007·17	1	
	4007	—		4007·02	1	
	—	—		3994·86	2	
	3994	—		3994·65	2	
	—	—		3983·33	2	
	3983	—		3983·17	2	
	—	—		3972·58	3	
	3972	—		3972·37	3	
	—	—		3963·24	3	
	3962	—		3962·56	3	
	—	—		3962·38	3	
	—	—		3953·62	6	
	3953	—		3953·01	2	
	—	—		3944·40	2	
	3944	—		3944·14	7	

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	i	Anmerkung	λ	i	Anmerkung
ultra-violette Bande η	—	—		3936·09	2	
	3936	—		3935·91	5	
	—	—		3935·81	5	
	—	—		2928·51	5	
	3928	—		3928·42	6	
	—	—		3921·97	4	
	3922	—		3921·90	4	
	—	—		3921·27	3	
	—	—		3920·94	3	
	3915	—		3915·95	5	
	—	—		3915·80	5	
	—	—		3914·66	2	
	—	—		2914·18	2	
	—	—		3910·69	5	
	3910	—		3910·50	5	
	—	—		3908·44	2	
	—	—		3907·99	2	
	3906	—		3906·15	5	
	—	—		3905·94	5	
	—	—		3902·82	2	
	3902	—		3902·14	5	
	—	—		3901·89	5	
	3898	—		3898·65	4	
	—	—		3898·36	4	
	3896	—		3895·67	4	
	—	—		3895·33	4	
	3893	—		3893·30	3	
	—	—		3892·86	3	
	—	—		3891·43	3	
	3890	—		3890·83	2	
	—	—		3890·06	2	
	—	—		3889·40	1	
	—	—		3888·12	1	
	—	—		3886·66	1	
	3884	—		3884·64	1	
	—	—		3884·56	1	
	—	—		3881·24	1	
	—	—		3880·96	1	
	—	—		3880·62	2	
	—	—		3880·46	1	
	3878	—		3877·69	1	
	3877	—		3877·44	2	
	—	—		3877·21	2	
	—	—		3876·29	2	
	3875	—		3875·51	2	
	—	—		3875·29	1/2	
	—	—		3875·03	2	
	—	—		3874·82	2	
	—	—		3874·69	1	
	—	—		3874·56	1	
	—	—		3874·38	1	
	—	—		3873·80	2	
	—	—		3873·30	2	
	—	—		3873·06	1	
	—	—		3872·96	2	

	Eder und Valenta					
	Swan'sches Spectrum					
	bei geringer Dispersion			bei grosser Dispersion		
	λ	*i*	Anmerkung	λ	*i*	Anmerkung
ultraviolette Bande η	—	—		3872·60	2	
	3872·0	—		3872·26	2	
	—	—	scheinbar einzelnstehende Linie	3871·87	1	
	—	—		3871·60	2	
ultraviolette Bande ϑ	3687·7	1	diese Bande ist lichtschwach; die Linien sind regelmässig vertheilt und bei λ = 3642 bis 3635 tritt ein schwaches, continuierliches Spectrum auf	—	—	wurde von uns bei grosser Dispersion nicht gemessen
	3678·2	1		—	—	
	3669·3	1		—	—	
	3664·3	2		—	—	
	3661·4	2		—	—	
	3658·1	2		—	—	
	3654·7	2		—	—	
	3651·3	2		—	—	
	3646·6	2		—	—	
	3642·5	2		—	—	
	3638·5	1		—	—	
	3635·0	1		—	--	
	—			—	—	
	3628·3	2	einzelnstehende, charakteristische Schlusslinie	—	—	

Das Spectrum des Chlor[1]).

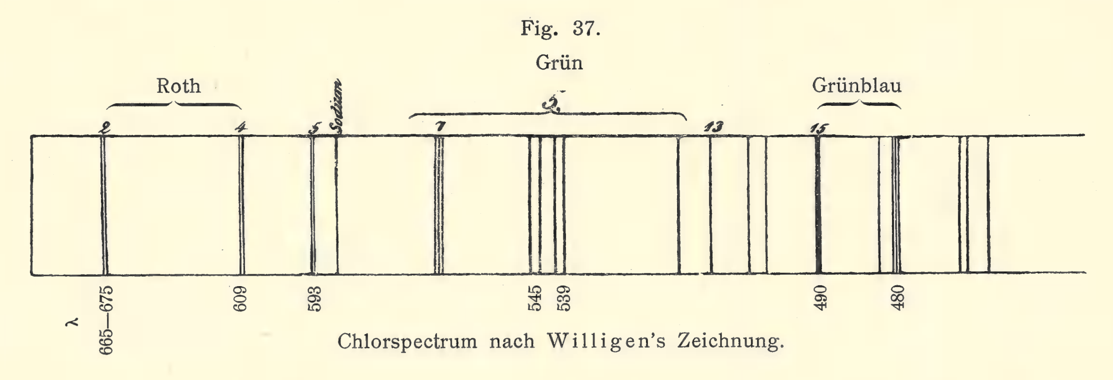
Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 13. April 1899.)

Das Spectrum des Chlor tritt unter mannigfachen Verhältnissen in variablen Formen auf, am vollständigsten beim Durchschlagen des elektrischen Funkens durch Plücker'sche Röhren bei vermindertem Gasdrucke, ferner beim Durchschlagen des Flaschenfunkens durch Chlor beim Atmosphärendrucke, sowie bei Einwirkung des elektrischen Funkens auf wässerige Salzsäure oder Chloride (bei kurzem Entladungsfunken). Alle diese Erscheinungen wurden mehrfach beobachtet und qualitativ beschrieben. Die vorliegenden Wellenmessungen dieser Spectralerscheinungen sind jedoch sehr ungenau und erstrecken sich auf einen kleinen Spectralbezirk, und manche der bisher publicierten Zeichnungen

Fig. 37.



Chlorspectrum nach Willigen's Zeichnung.

der Spectralerscheinungen ist so unsicher orientiert, dass eine Vergleichung der einzelnen vorliegenden Angaben unter sich auch nur annähernd kaum möglich ist.

Unter diesen Verhältnissen und in Anbetracht des Umstandes, dass das ultraviolette Chlorspectrum gänzlich unbekannt ist, unterzogen wir dasselbe einer genauen Untersuchung mittelst unseres grossen Gitterspectrographen[1]).

Da die vorhandenen früheren Arbeiten auf unsere Messungen Bezug haben, wollen wir sie in Kürze anführen:

Plücker theilt in seinen Beobachtungen «Über die elektrische Entladung» mit, dass die Spectren von Jod, Brom und Chlor eine merkwürdige Analogie aufweisen[2]); er konnte jedoch das Chlorspectrum

[1]) Eine vorläufige Mittheilung über eine von uns vorgenommene Durchmusterung des Chlorspectrums, vorgelegt in der Sitzung vom 17. November 1898, findet sich im Akademie-Anzeiger Nr. XXIV. Die dort mitgetheilten Wellenlängen sind in der vorliegenden Abhandlung durch genauere Werte ersetzt.

[2]) Poggendorff's «Annalen für Physik und Chemie», 1858, Bd. CV, pag. 83.

wegen seiner kurzen Linien (Absorption durch die Metallelektroden) wohl wahrnehmen, jedoch damals nicht genau zeichnen.

Van der Willigen[1]) hatte bessere Erfolge. Er stellte 1858 bemerkenswerte Beobachtungen im Spectrum des Chlorgases bei Atmosphärendruck oder mässiger Verdünnung an. Er arbeitete mit einem Ruhmkorff und Condensator und bildete die von ihm beobachteten Linien ab (s. Fig. 37 auf pag. 358).

Hierbei ist als Leitlinie die gelbe Natriumlinie («Sodium») eingezeichnet. Links von derselben befindet sich der rothe Theil, rechts der grüne und der grünblaue; Blau und Violett konnte Willigen wegen zu geringer Helligkeit seiner Spectren nicht beobachten. Willigen's Zeichnung ist wenig genau; immerhin erkennt man aber an derselben das allgemeine Aussehen des Chlorspectrums in Spectroskopen von sehr kleiner Dispersion ziemlich gut. Wir setzten unter die betreffenden Linien die denselben nach unserer Ansicht zukommenden Wellenlängen, insoweit die Willigen'sche Skizze die Orientierung ermöglichte.

Später kam Plücker in Gemeinschaft mit Hittorf nochmals auf das Spectrum des Chlor zurück[2]). Sie erhielten beim Durchschlagen des Funkens eines kräftigen Ruhmkorff'schen Inductoriums stets nur ein Linien-, niemals ein Bandenspectrum, und zwar am besten bei circa 60 *mm* Druck im Geisslerrohre; sie geben an, dass das Chlorspectrum bei geringerem Drucke allmählich verblasst (ähnlich wie Brom). In einer sorgfältigen Zeichnung (Fig. 38) geben Plücker und Hittorf das Bild des Chlorspectrums, wie sie es mittelst eines Prismen-Spectroskopes von verhältnismässig grosser Dispersion sahen.

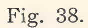
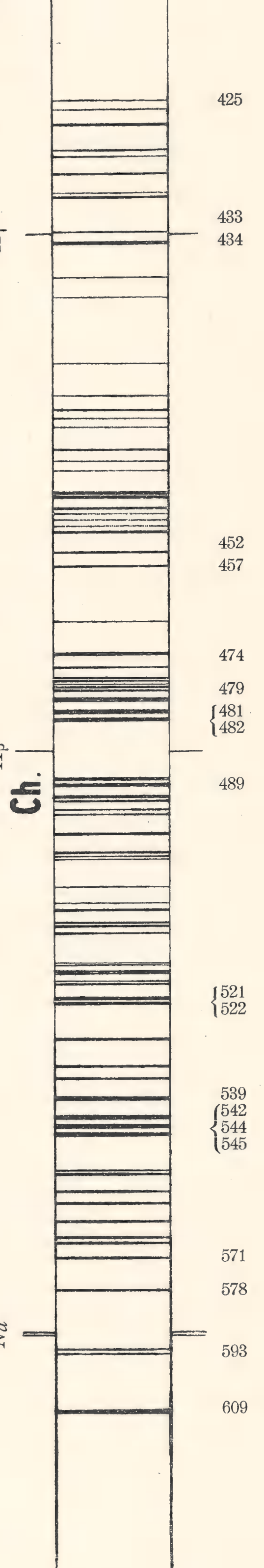


Fig. 38.



Die nicht sehr genauen Wellenlängen dieser Linien entnehmen wir Watts «Index of Spectra», 1889, pag. 18 und fügen sie unseren Tabellen vergleichshalber bei. Zu jenen Linien der Plücker-Hittorf'schen Zeichnung, welche wir glaubten sicher identificieren zu können, setzten wir unsere Wellenlängen des Chlor, so dass dadurch die Zeichnung nunmehr genügend orientiert erscheint.

G. Salet[3]) fand, dass das Chlorspectrum beim Durchschlagen des elektrischen Funkens durch Chlorgas bei Atmosphärendruck leicht und mit grosser Schärfe erhalten werden kann. Bedient man sich des Ruhmkorff'schen Inductoriums, so werden die Spectrallinien ein wenig verschwommen und es treten einige Metallinien in der Nähe der Elektroden auf.

Diese selbst erhitzen sich nach Salet's Angabe weit weniger bei Verwendung einer Holtz'schen Influenzmaschine und es treten nur die Chlorlinien auf. Das Arbeiten mit Vacuumröhren und Quecksilberluftpumpen fand Salet sehr schwierig und blieb deshalb bei Verwendung der Holtz'schen Influenzmaschine[4]) und Atmosphärendruck. Die Platinelektroden der Chlorröhren schmolz er bis auf kleine Enden in eine Glasröhre ein und brachte sie einige Millimeter übereinander an. Während des Überschlagens des Funkens leitete er Chlorgas durch die Glasröhre und schmolz dann das Rohr zu. Der Funken gab unter diesen Umständen ein helles bläulich-weisses Licht.

---

[1]) Poggendorff's «Annalen für Physik und Chemie», 1859, Bd. CVI, pag. 610.

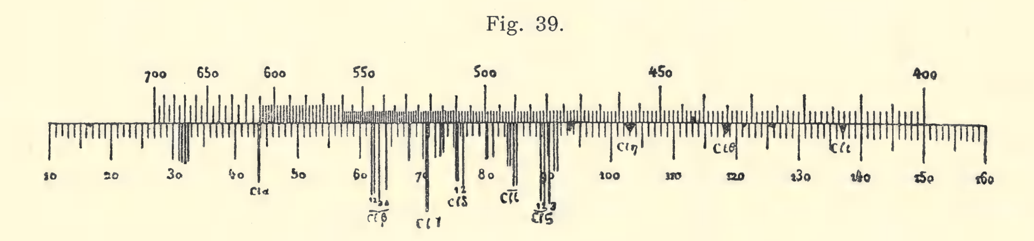
[2]) «Philosoph. Transact. of the Royal Soc.», London, Bd. CLV (1865), pag. 24.

[3]) Salet: «Anual de Chim. et de Phys.», Paris 1873 (IV.), Bd. XXVIII, pag. 24.

[4]) Über den Einfluss der Influenzmaschine bei Einschaltung kleinerer oder grösserer Funkenstrecken auf die Spectralerscheinungen im Vergleiche mit dem Funkenspectrum Ruhmkorff'scher Inductorien macht Hasselberg: «Das zweite Spectrum des Wasserstoffes», Mem. de l'acad. de sciences de St. Pétersbourg, sér. III, vol. XXXIII, no. 7, 1882, Bemerkungen.

Salet bildete in seiner Abhandlung («Les spectres des métalloides», Paris 1872) das erhaltene Chlorspectrum ab, welche Zeichnung aber nicht vollkommen mit einer späteren Zeichnung des Chlorspectrums von demselben Autor übereinstimmt. In seinem Werke «Traité élémentaire de Spectroscopie», Paris 1888, pag. 188 und 216, nahm der genannte Autor offenbar einige Correcturen vor und acceptierte als Darstellung des sichtbaren Chlorspectrums die in Fig. 39 reproducierte Zeichnung. In derselben sind unten Scalentheile

Fig. 39.



Funkenspectrum des Chlor nach Salet's Zeichnung.

seines Spectralapparates, oben Wellenlängen eingetragen, und somit ist die Orientierung möglich. Salet's Angaben beziehen sich auf ein nicht besonders gut definiertes Spectrum des Chlor (Prismenapparat) und die Bestimmungen der Wellenlängen sind ungenau.

Einige Wellenlängenmessungen im Chlorspectrum rühren von Angström her[1]), ferner von Hasselberg, welcher letztere das Chlorspectrum im Anschlusse an Angström's Tabelle der Chlorlinien als Verunreinigung der Glasspectren bei Benützung von Vacuumröhren aus chlorhaltigem Glase nachwies[2]). Wir nahmen die Angaben beider Spectroskopiker behufs Vergleichung in unsere Tabelle auf.

Lecoq de Boisbaudran gibt in seinem Werke «Spectres lumineux», 1874, eine Zeichnung des Spectrums, welches beim Überschlagen des Inductionsfunkens von geringer Länge zwischen Platindrähten und wässeriger Salzsäure auftritt. Er gibt die Wellenlängen einiger Chlorlinien mit $\lambda = 5457$, 5445, 5421, 5390, 5216, 5103, 5079, 4919, 4897, 4817, 4797, 4787, 4775 an. Daneben tauchen noch Platin- und Wasserstofflinien auf.

Eugen Demarcay[3]) photographierte dasselbe Spectrum von wässeriger Salzsäure zwischen Platinelektroden (Ruhmkorff-Funken) bei Atmosphärendruck und kurzem Funken mittelst eines Glasprismenspectrographen und identificierte in demselben nur die Chlorlinien $\lambda = 4819{\cdot}7$, 4810·6 und 4794·7. Es lassen sich aber auf Grund unserer Analyse des Chlorspectrums noch mehr Chlorlinien im Funken der wässerigen Salzsäure identificieren.

Sehr verdienstvolle Untersuchungen über das Verhalten des Chlorspectrums bei verschiedenem Drucke rühren von Ciamician her, welcher aber leider seine Beobachtungen nur in Form einer auf eine willkürliche Scala bezogenen, nicht genau ausgeführten Zeichnung schildert. Da die Reduction seiner Angaben unter diesen Umständen auf Wellenlängen der Chlorlinien nicht gut möglich ist, so begnügten wir uns, in seine Spectrumzeichnungen die mangelnden Orientierungszahlen der betreffenden Wellenlängen besonders charakteristischer Gruppen einzutragen, und es gelang uns dadurch, diese Tafeln zur Discussion brauchbar zu machen. Wenn auch Ciamician's Zeichnungen nur qualitativen Wert für die Spectralanalyse haben, so sind sie eben in dieser Hinsicht wertvoll, weil sie thatsächlich die Veränderungen des Chlorspectrums bei steigendem Drucke und der verhältnismässig kleinen Dispersion des

---

[1]) «Compt. rend.», Bd. LXXIII, pag. 369; s. auch Watts: «Index of Spectra», 1889, pag. 37.

[2]) Hasselberg beobachtete in einer stark evacuierten Geissler'schen Röhre nach längerem Durchschlagen des Funkens das Auftreten von Linien des Chlor, welches Element wahrscheinlich aus dem (chloridhaltigen) Glase in das Vacuumrohr gelangt sein dürfte (Bull. de l'acad. de St. Pétersbourg, 1881, pag. 405).

[3]) Demarcay: «Spectres luminieux», 1895, Paris.

Prismenapparates recht gut zur Anschauung bringen. Deshalb reproducieren wir auch die Ciamician'schen Zeichnungen [1]) mit unseren nachträglichen Eintragungen der Wellenlängen.

Nach Ciamician («Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch.», Wien 1878, Bd. LXXVII, Abth. II pag. 839) bietet das Spectrum der drei Halogene bei höherem Drucke analoge Eigenthümlichkeiten; die Linien erscheinen verwaschen, auch mitunter etwas dicker, ohne dass man von einer eigentlichen bandartigen Verbreiterung derselben sprechen könnte. Daneben tritt ein continuierlich erleuchteter Hintergrund auf, der mit dem Drucke stark an Helligkeit zunimmt und oft die Linien selbst überstrahlt. Dieses letztere Verhältnis obwaltet am deutlichsten bei Jod, wo das continuierliche Spectrum zuletzt alles andere überdeckt. Beim Chlor und Brom leuchten immer noch einzelne Linien aus dem continuierlichen Spectrum hervor. Merkwürdig ist das Verhalten gewisser Linien im rothen Felde beim Chlor und Brom, die stets ihre volle Schärfe und Feinheit beibehalten.

Von Interesse sind die Ciamician'schen Angaben über die Änderungen der relativen Intensität der Spectrallinien zu einander bei verschiedenem Drucke. «Wenn man die Spectrallinien», sagt Ciamician, «der Halogene untereinander vergleichen will, um die Homologie festzustellen und sich dabei nur der Spectren des verdünnten Dampfes in Geissler'schen Röhren bedient, so ist das mit ziemlichen Schwierigkeiten verbunden, da man die Linien nur gruppenweise vergleichen kann, und diese Linien oft bei jedem der drei Elemente so verschiedene Intensitäten haben, dass man im Zweifel sein kann, ob die Homologie wirklich in dem Sinne aufzufassen sei. Diese Unterschiede rühren aber bloss von der Veränderlichkeit der Intensität und Anzahl der Linien mit dem Drucke her. Es lassen sich immer durch entsprechende Änderung der Dichte des Gases oder Dampfes Spectren erhalten, welche die vollkommene Homologie der Linien zeigen. So muss man beim Jod jene Spannung anwenden, die einer gesättigten Joddampfatmosphäre von 50 bis 80° C. gleichkommt, beim Chlor und Brom aber Atmosphärenspannung».

In einer späteren Abhandlung über den Einfluss von Dichte und Temperatur auf die Spectren von Gasen und Dämpfen machte Ciamician («Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch.», 1878, Bd. LXXVIII, Abth. II [Juli]) auf die Schwankungen des Chlorspectrums aufmerksam. Er beschreibt dieselben in folgender Weise: In stark evacuierten Chlorröhren erhielt er ein Spectrum (Taf. XVIII, Fig. 2, Nr. 1), wobei *A* und *B* Gruppen rother Linien sind, Δ eine Gruppe schwacher Linien im Grün, *g, h, i, k* und die Doppellinie *l* die grünen Hauptlinien sind, während *E* sieben starke blaue Linien darstellt. Bei 500 bis 600 *mm* ändert sich die Gruppe *B* (s. Taf. XVIII, Fig. 2, Nr. 2), und es erscheint überdies daselbst ein continuierliches Spectrum, während im Grün einige Linien (namentlich die Doppellinie *l*) unscharf werden. Das Spectrum des Chlor bei Atmosphärendruck zeigt Nr. 3; es erscheint ein continuierlicher, erleuchteter Hintergrund und zwei neue, stark verwaschene Streifen (*a*, *b*, Taf. XVIII, Fig. 2) treten nebst anderen Banden im Grün auf (an Stelle der früheren Gruppe Δ). Bei weiterer Drucksteigerung von 150 bis 180 *cm* zeigen sich keine wesentlichen Veränderungen, sondern es werden nur einige Streifen deutlicher und es erfolgt ein unbedeutender Linienzuwachs (Taf. XVIII, Fig. 2, Nr. 4 und 5). Das continuierliche Spectrum wird enorm hell, so dass die Linien *a* und *b* beinahe überstrahlt werden. Die Linie *c* wird sehr verschwommen, weniger die vier Linien der Gruppe C''. Die Linien der Gruppe A' und B' bleiben vollkommen scharf, fast ebenso D'' und *E*. Einschaltung von Leydenerflaschen bewirkte bei Ciamician's Versuchen dasselbe, wie Vergrösserung der Dichte des Gases.

Es wären noch die Versuche Aubel's über den Einfluss des Magnetismus auf das Chlorspectrum zu erwähnen. Van Aubel brachte die Capillare einer mit Chlorgas gefüllten Plücker'schen Röhre zwischen die cylindrischen Pole eines starken, aufrecht stehenden Elektromagneten, welcher von einem Strome von 25 bis 30 Ampères durchflossen war. Das Spectrum des Chlor (Funken eines

[1]) Diese Zeichnungen liegen in lithographischen Reproductionen vor. Die verschiedenen Chlorspectren (1 bis 5) sind im Originale auf zwei Tafeln vertheilt und es stimmt der Masstab von 1 und 2 nicht völlig mit jenem von 3 bis 5 überein. Da aber die analogen Gruppen von Ciamician mit Buchstaben bezeichnet wurden, ist die Orientierung trotzdem möglich.

Ruhmkorff mit einer Leydenerflasche) veränderte das Aussehen; neue helle Linien traten auf, andere wurden schwächer[1]). Diese Phänomene führt Aubel auf die Änderung des elektrischen Widerstandes durch den Magnet zurück.

Das Absorptionsspectrum des Chlor beobachtete Morren bei Anwendung von 2 *m* langen Röhren[2]). Er bediente sich eines Apparates mit fünf Flintglasprismen und fand zahlreiche Linien vom Roth bis Blau.

Alle diese Reactionen wurden bisher zur praktischen Spectralanalyse nicht benützt, sondern indirecte Erkennungsmethoden zum Nachweise des Chlor vorgeschlagen[3]).

Über Spectralanalyse von Chlor und Brom mittelst Flammenreaction von Bariumchlorid s. Lecoq de Boisbaudran: «Compt. rend.», 1880, Bd. XCI, pag. 902[4]).

Um zur genauen Kenntnis des Linienspectrums von Chlor zu gelangen, arbeiteten wir mittelst eines grossen Rowland'schen Concavgitters und benützten Chlorröhren mit verschiedenem Drucke (10 bis 100 *mm*). Wir beobachteten, dass die Helligkeit der Capillare im Plücker'schen, mit Chlor gefüllten Rohre bei ungefähr 50 bis 100 *mm* Druck am grössten ist, jedoch die Linien schon sehr starken Verbreiterungserscheinungen unterworfen sind.

Bei ungefähr 30 *mm* Druck (Quecksilbersäule) ist die Helligkeit der Spectralerscheinung noch ansehnlich; das Glimmlicht ist grünlich, die Farbe der Capillaren mehr blau, bei starkem Strome weisslich, die Linien sind mittelmässig verbreitert und die vollkommene Schärfe fehlt den meisten Linien. Bei 10 bis 20 *mm* Druck ist die Helligkeit der Chlorröhren merklich geringer, aber sie genügt noch, um mit Belichtungszeiten von 3 bis 10 Stunden im Gitterspectrographen bei longitudinaler Aufstellung der Rohre wohldefinierte Spectren von vollkommener Schärfe der Linien zu erhalten. Bei 5 *mm* dagegen ist das Licht bereits so schwach, dass wir damit nicht mehr zu Ende exponieren konnten. Bei höherem Drucke als 100 *mm* ist der Widerstand des Chlorgases so gross, dass der Funke nur mehr schwer durchschlägt und die Elektroden einander stark genähert werden müssen.

Kleine Verunreinigungen des Chlor mit Stickstoff sind bei geringerem Gasdrucke störend. Es tritt das Bandenspectrum des Stickstoffes auf. Der Stickstoff scheint mit sinkendem Gasdrucke mehr und mehr die Leitung der Elektricität zu übernehmen und das Stickstoffspectrum beginnt zu dominieren (bei 10 *mm* Druck und darunter), während bei höherem Drucke (und gleichbleibendem Mischungsverhältnisse) das Chlorspectrum stark dominiert und das Stickstoffspectrum kaum bemerklich ist. Derartige Beobachtungen dürften für die angewandte Spectralanalyse verwertbar sein.

Das Arbeiten mit Chlorröhren am Spectrographen ist zeitraubend und mühsam, da es nur in wenigen Fällen gelingt, eine genügend ausexponierte photographische Aufnahme zu erzielen.

Als Elektroden bewährten sich Platindrähte am besten, weil sie von völlig wasserfreiem Chlor nur wenig angegriffen werden, solange die Elektroden nicht ins Glühen kommen. Sobald aber stärkere Ströme die Drähte glühend machen, wird die Chlorabsorption so stark, dass die Röhren in kürzester

---

[1]) D'Ameida: «Journal de Physique», 1898 (III), Bd. VII, pag. 308. Auch das Bandenspectrum einer Schwefelröhre wurde im magnetischen Felde verändert und in ein glänzendes Linienspectrum umgewandelt, und nächst der Kathode trat eine grüne Fluorescenz auf. Diese Phänomene verschwanden mit dem Aufhören des Magnetismus. Auch das Spectrum von Chlorsilicium änderte sich unter dem Einflusse des Magnetismus.

[2]) «Compt. rend. de l'acad. de sciences», Bd. LVIII (1869), pag. 376.

[3]) H. W. Vogel: «Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe», 2. Aufl., 1889, Bd. I, pag. 321.

[4]) Beim Einführen von Chlorammonium oder Einleiten von Salzsäuregas in die Flamme unter eine bereits darin befindliche Bariumoxydprobe erhält man charakteristische Linien. Lecoq fand, dass diese Linien auch in einem Bariumcarbonatfunkenspectrum auftreten, wenn man die Lösung einer chlorhaltigen Substanz auf das Bariumcarbonat tropft, die Flüssigkeit zum Verdampfen bringt, zur Rothglut erhitzt und dann den Funken überschlagen lässt. Auf diese Art sollen noch $^{1}/_{3000}$ Milligramm Chlor nachweisbar sein. Vogel: «Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe», Bd. I, 1889, pag. 156 und 188.

Zeit unbrauchbar werden, wobei das entstandene Chlorplatin sublimiert (verstäubt) und die Glaswand undurchsichtig macht. Ist aber bei stark evacuierten Chlorröhren der Strom schwach, so ist ihre Helligkeit sehr gering und man muss daher an der Grenze der zulässigen Stromstärke arbeiten, weshalb man vielen Störungen ausgesetzt ist.

Schaltet man Leydenerflaschen ein, so gehen die Chlorröhren rascher zugrunde; wir mussten uns daher mit der Analyse der Chlorspectren mittelst Inductoriums ohne Leydenerflaschen begnügen.

Röhren mit trockenem Chlorwasserstoff leuchteten bei 5 *mm* Druck am besten, bei 20 bis 30 *mm* schlecht. Der Chlorwasserstoff dissociiert so rasch, dass man das Chlorspectrum nur ganz kurze Zeit beobachten kann, da dasselbe bald vom Spectrum des freiwerdenden Wasserstoffes erdrückt wird.

Wir bestimmten die Wellenlängen der Chlorlinien an dem Spectrum zweiter Ordnung, bezogen sie auf Rowland's Standards[1]) und stellten die Ergebnisse unserer Messungen in den nachfolgenden Tabellen (pag. 364 bis 368) zusammen.

Vergleicht man das Aussehen der Chlorlinien in den Spectren bei verschiedenem Drucke, was an der Hand der Tabellen und unserer heliographischen Abbildungen[2]) möglich ist, so ergeben sich verschiedenartig verlaufende Verbreiterungserscheinungen und Variationen in der Helligkeit der Linien. Bei höherem Drucke tritt überdies das continuierliche Spectrum auf, von welchem schon Ciamician sprach.

Das Auftreten eines Bandenspectrums bei Funkenentladung durch Plücker'sche Röhren konnten wir ebensowenig als unsere Vorgänger beobachten.

Es ist bemerkenswert, dass, wenn auch viele Linien im Chlorspectrum variabel sind, andererseits auch zahlreiche Linien auftreten, welche sehr beständig sind.

Scheinbar ziemlich constant sind im Linienspectrum des Chlor die vier Chlorlinien (Hauptlinien im Gelbgrün) $\lambda = 5457$, 5444, 5423, 5392. Sie finden sich sowohl im stark verdünnten Chlor, als auch bei Atmosphärendruck, sowie im Funken zwischen Salzsäure vor.

Bei Beobachtung mittelst Spectroskopen von geringer Dispersion (1 bis 2 Prismen) erscheinen diese Linien fast ungeändert scharf; bei unseren Versuchen mit dem grossen Gitter und Spectrum zweiter Ordnung erkannten wir aber, dass diese Linien bei geringem Gasdrucke (im Chlorrohre von circa 10 *mm* Druck) sich in scharfe, feine Triplets und Doublets auflösen lassen (s. unsere Tabellen, ferner Taf. XX, Fig. 1). Bei circa 20 bis 30 *mm* Druck verschwimmen diese Triplets, indem deren schwächste, nur schwer constatierbare Linie sich verbreitert und mit der eng benachbarten Linie zusammenfliesst[3]). Es bleibt ein verschwommenes Doublet übrig (s. Taf. XIX, Fig. 2), welches bei steigendem Drucke als einfache, etwas verschwommene Linie erscheint. Diese ist weiteren Verbreiterungserscheinungen nicht sehr stark unterworfen, so dass die gelbgrünen Linien des Chlor als charakteristische gelten können.

Ähnliches gilt von den grünen Doppellinien $\lambda = 5221$ und 5218, von den Linien $\lambda = 5103$ und 5078. Die blauen Gruppen $\lambda = 4819$, 4810, 4794, welche Gruppe sich leicht photographieren lässt.

Im Violett erscheint die Linie $\lambda = 4132$ als Hauptlinie, welche von allen früheren Spectroskopikern allein von Salet bemerkt wurde; im Beginne des Ultraviolett ist aber ganz besonders die Gruppe um 3860 charakteristisch, welche letztere aber enormen Verbreiterungen bei steigendem Drucke unterworfen ist. Nur bei geringem Gasdrucke (beiläufig 10 *mm*) gelingt es, diese Linien scharf zu erhalten und einige der-

---

[1]) Wir wählten die Rowland'schen Eisenlinien des Sonnenspectrums (Rowland: «A preliminary table of solar spectrum wave-lenghts», Chicago 1898), weil sie ein unter sich vergleichbares, vollkommen geschlossenes Liniensystem darstellen, deren Reduction auf etwaige andere Standards sehr leicht möglich ist.

[2]) Spectrumphotographien des Chlor wurden von anderer Seite überhaupt noch nicht publiciert.

[3]) Vom Triplet bei 5457 verschwimmt bei steigendem Drucke zuerst $\lambda = 5457 \cdot 6$ und vereinigt sich mit $\lambda = 5457 \cdot 7$ zu einer nach Roth abschattierten Linie, dann wird 5456 unscharf, und bei starkem Drucke fliessen sie zu einer Linie zusammen.

selben in deutliche Doppellinien aufzulösen. Taf. XX, Fig. 3 zeigt die präcise Auflösung der Doppellinie λ = 3851·1 und 3851·2, ferner 3845·8 und 3845·5 (photographische Vergrösserung der Spectrumphotographie). Bei geringer Druckerhöhung (beiläufig 20 *mm*) verbreitern sich diese Linien gegen Roth und verschwimmen ineinander (Taf. XX, Fig. 4, oberer Theil), bei stärkerem Drucke, circa 30 *mm*, wächst die Verbreiterung (Taf. XIX, Fig. 3) und bei beiläufig 50 bis 100 *mm* verbreitern sie sich bandartig, verschieben sich merklich gegen Roth und es tritt ein continuierliches Spectrum auf (Taf. XX, Fig. 4, unterer Theil.)

Es sind wohl die meisten, aber keineswegs alle Linien des Linien-Emissionsspectrums des Chlor diesen Verbreiterungserscheinungen unterworfen. Im Chlorspectrum finden sich einzelne Linien, welche den einseitigen Verbreiterungserscheinungen nach Roth sich entziehen und auch bei steigendem Drucke annähernd ihre Schärfe beibehalten oder sich beiderseits gleichmässig verbreitern und somit ihre Wellenlänge constant erhalten, zum Beispiel die Nebenlinie λ = 3750 (Taf. XX, Fig. 4); da die meisten Chlorlinien auf verschiedenen Druck merklich reagieren, so ändert schon eine geringe Druckdifferenz den Charakter vieler Bezirke des Chlorspectrums, wie bereits Ciamician angab und wie wir dies auf Taf. XIX, Fig. 2 und Taf. XX, Fig. 1, deutlicher darstellen. Das erstere Spectrum wurde mit einem Chlorrohre, welches unter einem Drucke von circa 30 *mm* stand, erhalten, das letztere bei circa 10 *mm*.

Die Spectrumphotographien bei niedrigem Drucke zeigen nicht nur im Allgemeinen eine grössere Schärfe, sondern weisen auch Intensitätsvarianten und vielleicht einige neue Linien auf[1]). In Anbetracht der grossen Schwierigkeiten, den jeweiligen Druck in den Chlorröhren zu bestimmen, begnügten wir uns mit dem Hinweise der Veranschaulichung des Phänomens durch photographische Abbildung und der Protokollierung des Messbefundes der von uns untersuchten Spectralbezirke des Chlorspectrums.

Wellenlänge-Messungen im Spectrum des Chlor.

Eder und Valenta							Ältere Beobachtungen			
Chlor 10 bis 20 *mm* Druck			Chlor 30 bis 40 *mm* Druck			Chlor 70 bis 100 *mm* Druck	Salet	Plücker	Thalén	Hasselberg
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	Bemerkung	λ			
								6758·8		
								6711·1		
							6670	6681·4		
								6657·1		
					von uns gesehen, aber nicht gemessen		6110	6093·4	Hauptlinie	
								5937·6		
								5930·5		
								5785·4		
								5714·0		
								5681·1		
			5672·2	½				5669·0		
			5635·1	1	verbreitert	stark verbreitert		5635·1		
			5625·5	½						
			5623·1	½						
			5580·1	½				5596·2	5593·5	
			5570·4	½				5572·4		
			—	—				5536·4		
			—	—	undeutlich			5529·3	5527·7	
5457·70	½	scharf	5457·70	½	nach Roth verbreitert					
5457·28	3	„	5457·30	3	„	verschwimmt zu einem breiten Streifen	5460	5456·1	5455·5	5456·7
5456·391	2	„	5456·49	2	„					

[1]) Schuster hält die variablen, von Ciamician beobachteten Chlorspectren für mehrere verschiedene übereinander liegende Spectren («Rep. Brit. Assoc.», 1880, pag, 269; s. auch Kayser: «Spectralanalyse», 1883, pag. 256).

Eder und Valenta							Ältere Beobachtungen			
Chlor 10 bis 20 *mm* Druck			Chlor 30 bis 40 *mm* Druck			Chlor 70 bis 100 *mm* Druck	Salet	Plücker	Thalén	Hasselberg
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	Bemerkung	λ			
5445·12	1	scharf	5445·1	1	undeutlich	verschwimmt zu einem starken Streifen				
5444·412	3	„	5444·52	4	nach Roth verbreitert		5445	5443·5	5443·5	5443·6
5443·587	5	„	5443·64	6	„					
5423·703	2	„	5423·7	4	„	verschwimmt zu einem Streifen				
5423·441	6	„	5423·4	10	„		5420	5423·5	5423·0	5424·0
5392·300	4	„	5392·3	6	beiderseits verbreitert		5390	5391·9	5391·5	5392·4
			—					5362·1	5355·0	
			—					5332·7	5332·0	
			—						5312·5	
			5285·8	1/2				5284·3	5285·0	5284·7
5221·48	4	„	5221·54	6	stark verbreitert	stark verbreitert	5215	5219·9	5220·0	5219·8
5218·07	3	„	5218·16	8	nach Roth verbreitert	„		5216·3	5216·5	5216·2
			5193··6	1/2	undeutlich			5194·6	5205·5	
			5189·74	1	verbreitert			5190·1	5188·0	5188·8
			5176·0	1/2				5177·1	5174·0	
			5173·4	1	undeutlich			5174·7	5172·0	5172·2
			—					5168·6	5160·0	5160·8
			5162·50	1				5162·8		
			5158·9	1/2	„				5142·0	
			5113·3	1	„			5124·2	5112·0	5112·8
5103·18	2	„	5103·18	4	beiderseits verbreitert			5106·2	5102·7	5102·4
			5099·36	1	nach Roth verbreitert		5097	5101·2	5098·2	5098·2
			5089·6	1/2	undeutlich					
			5083·59	1						
5078·361	4	„	5078·38	4	nach Roth verbreitert		5075	5082·2	5077·0	5077·6
			—					5071·5		
			—					5049·2		
			—						5030·5	
			—						5020·5	
			—					5009·2		
			—					5005·2		
			4995·7	1	verschwommen		5000	4998·7	4994·0	4997·7
			4970·3	1	undeutlich		4975	4973·1	4967·5	4972·4
			4943·1	1/2				4947·8	4941·0	4945·3
			—					4941·6	4635·0	4937·9
			—					4932·7		
			4927·3	1/2						
			4924·90	1	verschwommen		4920	4924·4	4923·5	4925·3
4917·870	2	„	4917·84	3	verbreitert		4903	4917·8	4916·5	
4904·905	4	„	4904·85	4	nach Roth verbreitert		4895	4900·0	4903·2	4904·4
4896·905	5	„	4896·90	5	„				4895·5	4896·9
4819·628	9	„	4819·62	9	beiderseits verbreitert		4820	4818·7	4817·7	4819·8
4810·194	9	„	4810·19	9	„		4810	4809·7	4809·7	4809·7
4794·665	10	„	4794·63	10	„		4795	4793·4	4793·0	4793·9
4785·41	1/2	„	4785·5	1	unscharf					
4781·49	5	„	4781·44	5	ziemlich scharf		4785	4782·3		
4779·06	3	„	4779·07	3	„			4778·5	4779·5	4780·8
4771·22	2	„	4771·19	2	verschwommen			4773·6		
4768·80	4	„	4768·76	4	ziemlich scharf		4770	4768·6	4768·0	4769·0
								4767·3		
			4755·9	1	unscharf			4753·1		
4740·505	3	„	4740·52	3	nach Roth verbreitert		4740	4736·6	4739·0	4739·7
			—					4700·0	4704·5	

Eder und Valenta							Ältere Beobachtungen			
Chlor 10 bis 20 *mm* Druck			Chlor 30 bis 40 *mm* Druck			Chlor 70 bis 100 *mm* Druck	Salet	Plücker	Thalén	Hasselberg
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	Bemerkung	λ			
			—						4698·0	
			4661·38	1	ziemlich scharf				4660·0	
			4654·3	1					4648·0 ⎫	
			4649·1	1/2				4641·2	4640·0 ⎬	
			—						4638·0 ⎭	
			4624·23	3	beiderseits verbreitert			4627·3		
			4601·19	4	nach Roth verbreitert			4606·2	4608·0	
			—					4595·1	4596·0	
			4585·05	1	unscharf		4575	4589·8	4590·5	
								4581·8		
			4572·79	5	stark verbreitert			4571·4		
			4570·16	3				4565·7		
			—					4545·2		
			4537·0	1/2				4536·1		
			4526·44	5	nach Roth verbreitert			4525·1	4527·0	
			4519·4	1/2						
			4510·6	1/2						
			4504·50	1/2				4504·8		
			4497·45	1/2				4496·5		
			4491·25	3	beiderseits verbreitert					
			4490·16	3	bandartig verbreitert			4489·6		
			4475·498	4	ziemlich scharf	nach Roth verbreitert				
			4469·569	5	scharf	ziemlich scharf				
4446·348 ⎫	2	scharf	4446·30	2	ziemlich scharf	sehr stark verbreitert				
4446·096 ⎭	2	„	4446·10	2	„	„				
4438·735	4	„	4438·72	2	„	stark nach Roth verbreitert				
			4417·0	1/2	undeutlich					
4403·210	5	„	4403·22	5	ziemlich scharf	„				
4402·672	1		4402·79	4	etwas verbreitert					
			4399·765 ⎫	1	stark verbreitert					
			4399·373 ⎭	2	„					
4391·12	1/2		—							
4390·566	3	„	4390·572	3	scharf	scharf				
4389·949	8	„	4389·941	6	„	nach Roth verbreitert				
4387·730	5	„	4387·791	2						
4380·075	8	„	4380·097	5	ziemlich scharf	ziemlich scharf				
4373·119	6	„	4373·111	8	scharf	beiderseits verbreitert				
4371·715	5	„	4371·740	2						
4369·676	6	„	4369·690	6	„	scharf				
4363·475	8	„	4363·462	5	„	schwach nach Roth verbreitert				
4343·822	10	„	4343·82	10	Beginn einer Umkehrungserscheinung		4352	4346·6		
4336·371	5	„	4336·39	5	scharf	scharf		4338·8		
			4333·125	1						
4323·523	6	„	4323·54	4	ziemlich scharf	nach Roth verbreitert ⎫	4315	4313·1		
4309·189	3	„	4309·19	4	beiderseits verbreitert	beiderseits verbreitert ⎭				
4307·593	6	„	4307·627	8	ziemlich scharf	ziemlich scharf				
4304·211	4	„	4304·20	6	„	„				
4291·861	5	„	4291·884	6	„	„		4295·0		
4280·615	3							4282·1		
4276·628	4	„	4276·719	3	nach Roth verbreitert	nach Roth stark verbreitert		4278·3		
4270·725	3	„	4270·855	2	„	„				

Eder und Valenta							Ältere Beobachtungen			
Chlor 10 bis 20 *mm* Druck			Chlor 30 bis 40 *mm* Druck			Chlor 70 bis 100 *mm* Druck	Salet	Plücker	Thalén	Hasselberg
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	Bemerkung	λ			
4264·740	3	scharf	4264·769	2	ziemlich scharf	undeutlich				
4261·350	3	„	4261·421	4	verbreitert	sehr verbreitert				
4259·628	4	„	4259·640	5	ziemlich scharf	ziemlich scharf	4260	4259·3		
4253·532	9	„	4253·638	10	nach Roth verbreitert	nach Roth sehr verbreitert				
4241·435	8	„	4241·474	8	„	„				
4235·608	3	„	4235·683	4	„					
4334·137	5	„	4234·198	5	„					
4226·580	7	„	4226·585	4	scharf	scharf				
			4225·139	1						
4209·866	5	„	4209·861	4	„					
4208·160	4		4208·209	3	nach Roth verbreitert	stark verbreitert				
			4189·379	1	undeutlich					
4158·021	4	„	4158·001	5	verbreitert					
			4149·631	1	undeutlich					
4147·203	4	„	4147·356	5	nach Roth verbreitert	nach Roth verbreitert				
4133·834	3	„	4133·955	3						
4132·680	8	„	4132·719	9	„	„	4130			
4130·991	4	„	4131·088	4	„					
4130·34	1	undeutlich	4130·304	1	verschwommen	„				
			4124·153	1	„					
4104·965	4	scharf	—							
			4054·242	2	„					
			4040·710	2	„					
4032·330	5	„	4032·368	3	ziemlich scharf					
			3991·625	1	verschwommen					
			3982·060	3	„					
			3961·770	2	„					
			3955·582	3	„					
3917·721	2	„	3917·762	4	ziemlich scharf	nach Roth verbreitert				
3916·832	4	„	3916·870	5	„	„				
3914·055	5	„	3914·105	6	nach Roth verbreitert	„				
			3884·045	2	verbreitert	„				
			3883·454	2	(vielleicht nicht Chlor?)	scharf				
			3871·537	4	„					
			3868·844	6	ziemlich scharf	nach Roth verbreitert				
			3866·103	1	„					
			3863·726	2	verbreitert					
3861·008	10	„	3861·006	10	scharf	„				
			3858·83	1/2						
			3855·738	2	ziemlich scharf	scharf				
			3854·000	4	sehr verbreitert					
			3854·21	1	undeutlich					
			3853·63	1	„					
3851·751 }	(1)	undeutlich	3851·8	1	„	} nach Roth verbreitert; in ein Band zusammenfliessend				
3851·531 }	8	scharf	3851·536	8	ziemlich scharf	}				
3851·165 }	10	„	3851·172	10	„	}				
			3849·299	2	„					
			3848·034	2	„					
3845·825	8	„	3845·83	8	„	} „				
3845·545	8	„	3845·56	5	„	}				
3843·390	5	„	3843·398	5	„	}				
			3838·482	3	„					
			3836·658	2	„					

Eder und Valenta							Ältere Beobachtungen			
Chlor 10 bis 20 *mm* Druck			Chlor 30 bis 40 *mm* Druck			Chlor 70 bis 100 *mm* Druck	Salet	Plücker	Thalén	Hasselberg
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	Bemerkung	λ			
3833·502	8	scharf	3833·510	6	nach Roth verbreitert	nach Roth stark verbreitert				
			3830·962	2	stark verschwommen					
			3829·550	2	„					
			3827·802	5						
			3821·850	1						
			3820·404	5						
			3818·577	3						
			3810·215	2	verbreitert					
			3809·697	4						
			3805·384	6						
			3800·105	1						
			3798·991	5	nach Roth verbreitert					
			3787·262	1	undeutlich					
			3781·378	5	scharf					
			3774·324	4						
			3773·813	2						
			3769·187	1	„					
			3768·228	3	„					
			3767·647	4	„					
			3750·102	5	„	scharf				
			3748·594	2	ziemlich scharf	nach Roth verbreitert				
			3743·206	1						
			3726·688	3	„	verschwimmt zu einem Bande				
			3725·912	3	„					
			3722·4	1	undeutlich					
			3720·4	1	„					
			3707·4	1	„					
			3705·5	1	„					
			3689·1	1	„					
			3683·6	1	„					
			3682·1	1	„					
			3673·9	1	„					
			3668·1	1	„					
			3663·948	2	ziemlich scharf					
			3659·913	2	„					
			3658·499	3	„					
			3650·243	4	ziemlich scharf					
			3624·3	1/2	undeutlich					
			3622·7	1/2	„					
			3613·9	2	verschwommen					
			3602·2	2	ziemlich scharf	sehr verbreitert				
			3576·211	1						
			3568·08	3	verbreitert					
			3522·04	1/2						
			3509·09	1/2						
			3479·82	1						
			3353·45	5	scharf					
			3333·74	2	„					
			3329·14	5	verbreitert					
			3316·83	1/2						
			3315·49	4	„					
			3307·90	1	„					
			3306·44	3	„					
			3276·79	1	undeutlich					

Das Spectrum des Brom.

Von

J. M. Eder und **E. Valenta.**

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 6. Juli 1899.)

Im Anschlusse an unsere Untersuchung und Messungen des Chlorspectrums (vergl. pag. 358 dieser Abhandlungen) studierten wir auch dasjenige des Brom unter ähnlichen Bedingungen.

Die ersten Beobachtungen über das Linienemissionsspectrum des Bromdampfes in Vacuumröhren unter dem Einflusse elektrischer Entladungen machte Plücker[1]). Später verfolgte er seine Beobachtungen gemeinschaftlich mit Hittorf und beide fanden, dass Brom beim Durchschlagen des Funkens eines Ruhmkorff'schen Inductoriums nur ein Linienspectrum («Spectrum erster Ordnung») gibt.

Sie beobachteten dasselbe mittelst eines Prismenspectroskopes und gaben eine lithographische Abbildung des Bromspectrums, welche sehr anschaulich ist und deshalb in Fig. 40 (pag. 370) von uns auf photographischem Wege reproduciert wurde.

Plücker und Hittorf[2]) konnten ein mit dem Absorptionsspectrum des Brom correspondierendes umgekehrtes Spectrum im Emissionsspectrum bei niedrigen Temperaturen nicht sehen, obschon sie es «entsprechend der Theorie» erwartet hatten. Später beschäftigte sich Salet mit dem Spectrum des Brom. Salet wies nach, dass sowohl Brom- als Joddampf sich durch Erhitzen der betreffenden Röhren, in denen sie eingeschlossen sind, von aussen zum Leuchten bringen lassen[3]). Wird Bromdampf in die Wasserstoff-Flamme eingeführt, tritt eine Gelbfärbung auf, die Leuchtgasflamme wird grünlichgelb gefärbt. Salet[4]) sagt weiters: die Röhren, in denen der Bromdampf bei gewöhnlicher Temperatur eingeschlossen ist, geben unter Benützung des durch Leydenerflaschen verstärkten Funkens ein gelbes Licht und ein Linienspectrum. Bei Anwendung eines Inductoriums mit grober Wickelung ohne Condensator erhält man einen wolkigen geradlinigen Funken, welcher von einer weniger leuchtenden feuerfarbigen Hülle umgeben ist. Die Wirkung tritt besonders hervor, wenn sich die negative Elektrode, welche heisser als die positive ist, unter der letzteren befindet, indem dann die Funkenbahn von einer Säule heissen aufsteigenden Gases umgeben ist. Vermindert man die Strommenge durch theilweises Herausziehen der

---

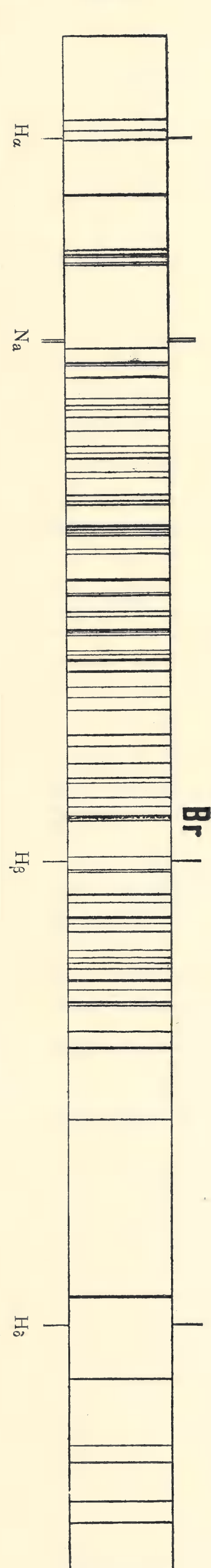
[1]) Poggend: «Annal. d. Phys. u. Chem.», 1859, Bd. CVII, pag. 527.

[2]) Plücker und Hittorf: «Philosoph. Transact.», 1865, pag. 24.

[3]) «Annal. de Chem.», 1873 (4.), Bd. XXVIII, pag. 26. — Kayser: «Lehrbuch der Spectralanalyse», 1883, pag. 241.

[4]) Salet: «Traité élémentaire de Spectroscopie», Paris 1888, pag. 189. — Mit ähnlicher geringerer Dispersion arbeitete A. De Gramont bei seinen Untersuchungen «Spectres de dissociation des sels fondus, Métalloides-Chlor, Brom, Jode» (Annales de Chemie et de Physique», 7e Serie, Bd. X, Februar 1897).

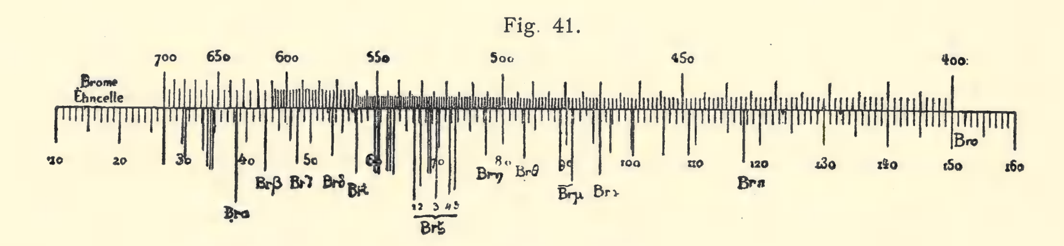
Fig. 40.



Zinkplatten der einzelnen Elemente der galvanischen Batterie, welche den Strom liefert, aus der Flüssigkeit, so wird der Funke rein und seine Bahn gebogen und bietet dasselbe Bild, wie dasjenige einer Holtz'schen Maschine.

Im ersteren Falle beobachtet man (nach Salet) im Spectrum die Linien α und β (Fig. 41), fast nur von rothen Streifen begleitet. Diese Erscheinung der leuchtenden Aureole gibt ein continuierliches Spectrum; dies rührt von dem zur Rothglut erhitzten Bromdampfe her.

Fig. 41.



Im zweiten Falle treten die brechbaren Linien sehr scharf auf und man erhält das den hohen Temperaturen entsprechende Spectrum. Es wird in diesem Falle zwar weniger Wärme frei, aber dieselbe vertheilt sich auf eine kleinere Gasmenge.

Die von Salet ermittelten Wellenlängen, welche wir in unserer Tabelle abgedruckt haben, sind wenig genau.

Die ersten eingehenden Versuche über den Einfluss der Dichte und Temperatur des Bromdampfes auf das Spectrum desselben verdanken wir Ciamician[1]). Er fand, dass je nach dem Grade der Verdünnung verschiedene Spectren erhalten werden. Wird die Temperatur stark erhöht, so erhält man das Spectrum Taf. XXI, Fig. 1. Dieses Spectrum zeigt gewisse Eigenthümlichkeiten bezüglich des rothen Theiles.

Bei gewöhnlicher Temperatur und dem dieser entsprechenden Drucke zeigt das Brom im rothen Felde ausser der Liniengruppe *A'* (Taf. XXI, Fig. 3) zwei intensive Linien (*a* und *b*). Diese Linien werden mit fortschreitender Verdünnung immer schwächer. Bei einem Drucke von 10 *mm* sind sie noch vorhanden, bei weiterer Verdünnung werden sie sehr schwach und es tauchen nach Ciamician zwei neue Linien (μ und ν) auf.

Das Spectrum des Bromdampfes bei jener Dichte, welche er bei gewöhnlicher Temperatur besitzt, unterscheidet sich von demjenigen des stark verdünnten Dampfes auch noch durch das gänzliche Zurücktreten der Gruppe *D'*, während von der Gruppe *D''* noch die Linie *m* zurückbleibt (Taf. XXI, Fig. 2).

Vergrössert man die Dichte durch langsames Erhitzen des Rohres, so treten namentlich im grünen Felde folgende Erscheinungen auf: die Linien *d*, *e* und *f*, die in den Spectren des verdünnten Dampfes sehr intensiv auftreten, werden immer stärker, bis sie bei 30° C. ebenso stark als die Linien der Gruppe *D* erscheinen, ausserdem treten noch zwei Linien (γ und δ) auf. Auch die violetten Linien der Gruppe *E* (*p* und *q*) vergrössern ihre relative Intensität gegenüber den Linien *n*, *o* und *r*, während die Linien der Gruppe *A'* im rothen Felde abgeschwächt erscheinen (Taf. XXI, Fig. 3). Bei weiterer Erhöhung der Temperatur tritt nach und nach, namentlich im rothen Felde, ein continuierliches Licht auf, während die Linien ihre scharfen Grenzen verlieren und ver-

[1]) Ciamician: «Einfluss der Dichte und Temperatur auf die Spectren von Dämpfen und Gasen», Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch., Bd. LXXVIII, Abth. II, Juli 1898.

Darstellung des Spectrums des Brom bei verschiedenem Drucke.

Nach einer lithographischen Zeichnung Ciamician's, 1878.

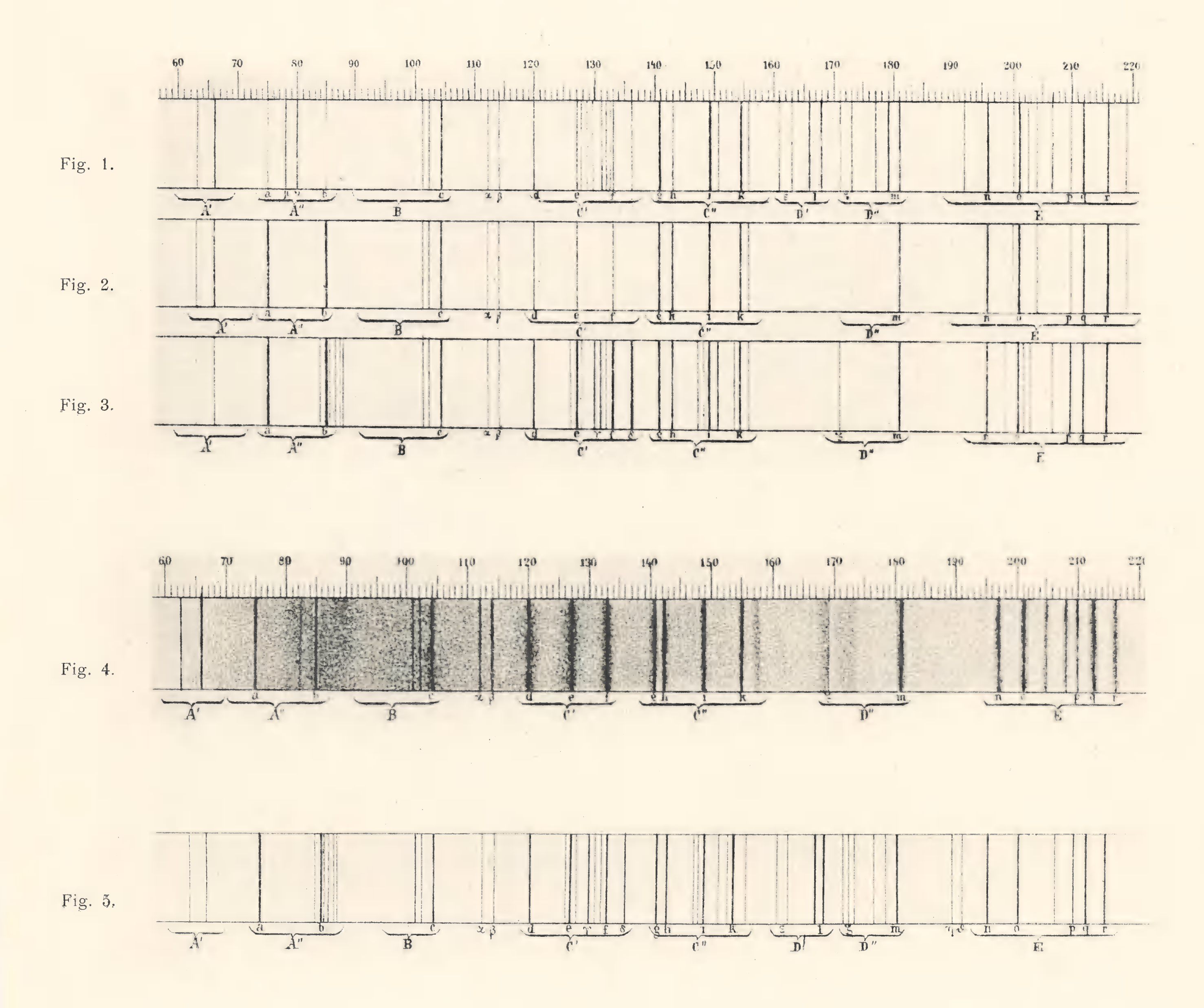
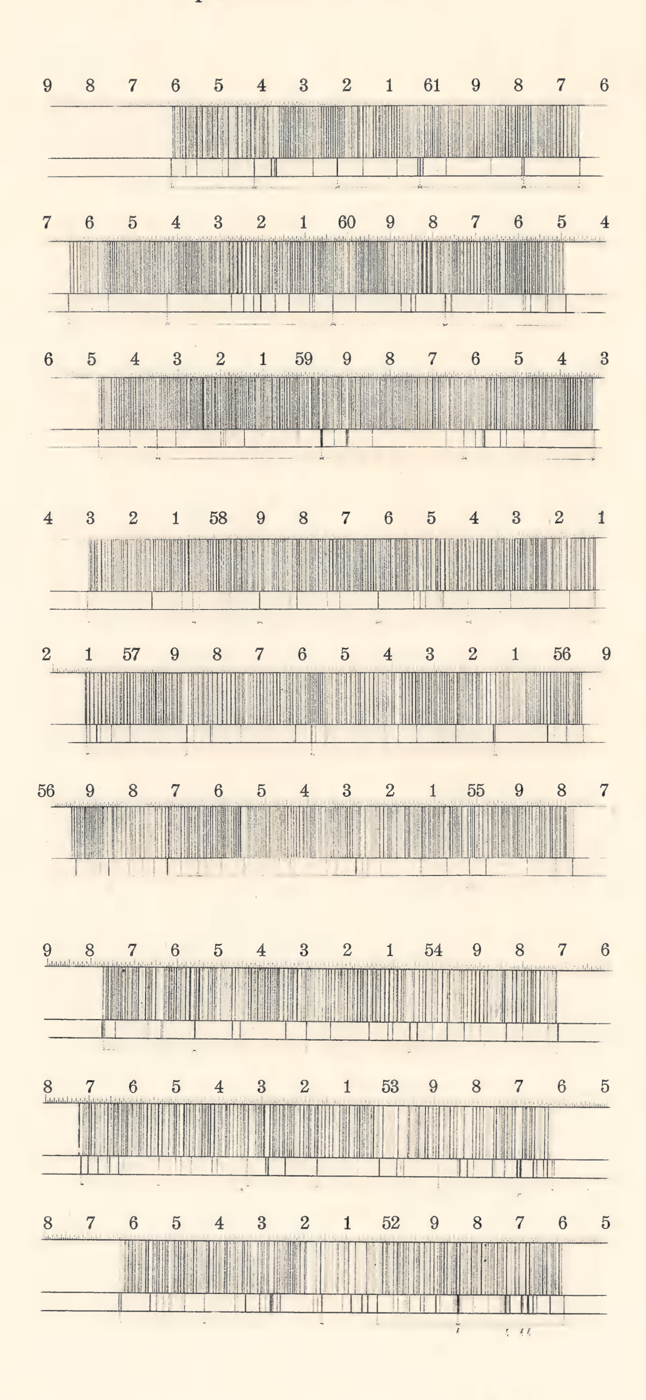


Fig. 1. Brom bei stärkster Verdünnung. — Fig. 2. Bei Druck von über 10 *mm*. — Fig. 3. Bei etwas grösserem Drucke. — Fig. 4. Starker Dampfdruck bei 50° C. — Fig. 5. Vollständiges Spectrum des Brom nach Ciamician.



Spectrum des Brom.



Absorptionsspectrum des Brom nach Hasselberg.



waschen erscheinen. Am meisten verbreitert erscheinen dabei die Linien der Gruppen B, C' und D'' (Taf. XXI, Fig. 4), weniger jene der Gruppe C''' und noch weniger die violetten Linien der Gruppe E, während die rothen Linien von $A'A''$ stets ihre volle Schärfe behalten. Bei weiterem Erhitzen erscheinen die Linien der Gruppen B, C' und D'' verhältnismässig weniger verschwommen, indem in der Mitte des verwaschenen Streifens eine schärfere Linie hervortritt (Taf. XXI, Fig. 5). Durch weiteres Erhitzen kann man die Linien nicht viel mehr verbreitern, wohl aber nimmt die Intensität des continuierlichen Spectrums zu, so dass es bei einer Temperatur von 200° C. blendend stark wird und alle Linien, mit Ausnahme der rothen, von A' und A'' überstrahlt (Ciamician).

Ciamician's Zeichnungen sind auf eine willkürliche Skala bezogen; er führte keine Wellenlängemessungen durch, so dass seine Angaben nur schwer mit den anderen Beobachtungen vergleichbar sind.

Das Absorptionsspectrum des Bromdampfes wurde von Daniel und Miller[1]), Roscoe und Thorpe[2]), Moser[3]), am ausführlichsten aber von Hasselberg[4]) untersucht. Der letztere machte nicht nur die genauesten Wellenlängenmessungen, sondern publicierte auch eine vortreffliche Zeichnung des aus unzähligen feinen Linien bestehenden Absorptionsspectrums. Da diese Zeichnung Bezug auf unsere eigenen Befunde hat, reproducieren wir dieselbe in stark verkleinertem Masstabe (Lichtdruck) sammt der zugehörigen Scala der Wellenlängen (Taf. XXII).

Hasselberg beobachtete das Absorptionsspectrum des Bromdampfes bei Zimmertemperatur (das Bromgas war in mit planparallelen Deckplatten verschlossenen Röhren enthalten) mittelst eines grossen Gitterapparates und photographierte das Spectrum zweiter Ordnung, in welchem die Cannellierungen, die man mit Apparaten geringer Dispersion sieht, völlig in Linien aufgelöst erscheinen. Als Lichtquelle diente das Sonnenlicht und Hasselberg benützte die Linien des Sonnenspectrums als Standards für seine Messungen.

Unsere Versuche wurden mit Plücker'schen Röhren, deren Kugeln 6 *cm* Durchmesser besassen und longitudinal aufgestellt waren, durchgeführt. Die Erregung erfolgte mittelst des Funkens eines grossen Ruhmkorff'schen Inductoriums ohne Leydenerflaschen. Das Linienspectrum des Brom trat am deutlichsten und schärfsten bei einem Drucke von 8 bis 10 *mm* hervor. Bei noch geringerem Drucke wurden die Linien wohl schärfer, aber das gesammte Phänomen verlor an Helligkeit, so dass die photographischen Aufnahmen grosse Schwierigkeiten boten. Bei 10 bis 15 *mm* Druck ist die Helligkeit merklich grösser und die Linien sind noch genügend scharf.

Fig. 1, 2 und 4 der beigegebenen heliographischen Taf. XXIII sind Reproductionen von Spectrumphotographien, welche wir bei diesem Drucke herstellten.

Schon bei 15 bis 20 *mm* Druck beginnen die Verbreiterungserscheinungen der meisten Bromlinien; analog den Beobachtungen beim Chlorspectrum werden auch hier nicht alle Linien im selben Grade von der Verbreiterung ergriffen, sondern manche Linien (bald stärkere, bald schwächere) widerstehen der seitlichen Verbreiterung bei steigendem Drucke besser.

Neben dem Linienspectrum des Brom beobachteten wir, besonders bei niederem Drucke, zum Beispiel in unseren Bromröhren von 8 bis 10 *mm* Druck, ein continuierliches Spectrum, welches namentlich im Violett

---

[1]) Poggend: «Annal. d. Phys. u. Chem.», Bd. XXVIII. pag. 386.
[2]) «Philosoph. Transact.», 1877, Bd. CLXVII, pag. 209.
[3]) Poggend: «Annal. d. Phys. u. Chem.», Bd. CLXX, pag. 188.
[4]) «Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg», 1878, Bd. XXVI, Nr. 4. Ferner die ausführliche zweite Abhandlung Hasselberg's «Untersuchung über das Absorptionsspectrum des Brom» (Kongl. Swenska Vetenskaps Academiens Handlingar, 1891, Bd. XXIV, Nr. 3).

und zu Anfang des Ultraviolett so lichtstark auftritt, dass es eine intensive Schwärzung der photographischen Platte herbeiführt (s. Fig. 5 der heliographischen Tafel XXIII).

Dieses Leuchten des Bromdampfes unter Aussenden eines continuierlichen Spectrums wird bei $\lambda = 4300$ deutlich, steigert sich allmählich wachsend bis $\lambda = 3700$ und weiter ins Ultraviolett. In der Gegend von $\lambda = 3700$ wird dieses continuierliche Spectrum so enorm hell, dass nur mehr die stärksten Linien des Linienspectrums es übertreffen. Dabei tritt keine Absorptionserscheinung des Linienspectrums durch die selbstleuchtenden Bromdämpfe auf und auch der stark orangegelb gefärbte Bromdampf, welcher die ziemlich grossen Kugelansätze unserer Bromröhren erfüllte, dämpfte das Lichtphänomen nicht merklich. Dieses continuierliche Spectrum des Bromdampfes scheint zwischen $\lambda = 4200$ bis 4900 ein Minimum zu haben und dann bei $\lambda > 4900$ wieder anzusteigen; dies ist aus unserer Spectrumphotographie, Fig. 4 und 5, Taf. XXIII, ersichtlich. Bei einem Gasdrucke, welcher unter 8 *mm* liegt, scheint dieses Phänomen zu verblassen, ebenso bei einem Drucke über 40 *mm*. Die günstigsten Bedingungen für das Entstehen dieser durch ein continuierliches Spectrum charakterisierten Lichtmassen konnten wir nicht genau feststellen; jedenfalls liegt ein von dem Linienspectrum vollkommen getrenntes Spectralphänomen vor.

Es tritt also beim Brom derselbe Fall ein, von welchem Hittorf[1]) und speciell Kronen[2]) betreffs des Jod spricht, nämlich: «Die Röhre leuchtet, ohne dass ihr Inhalt das ausgesandte Licht in bemerkbarer Weise absorbiert; das Leuchten erfolgt also nicht unter den Bedingungen des Kirchhoff'schen Gesetzes». Beim Drucke von circa 45 *mm* entsteht in Bromröhren beim Durchschlagen des Funkens (ohne Flaschen) das eigentliche Linienspectrum des Brom unter gleichzeitiger merklicher Verbreiterung der Linien (s. Fig. 3, Taf. XXIII). Gleichzeitig tritt ein neues Bandenspectrum auf, welches das vorhin genannte Spectrum mit ziemlich grosser Helligkeit durchsetzt; Fig. 3, Taf. XXIII, zeigt die heliographische Reproduction dieses von uns aufgefundenen Bandenspectrums. Dasselbe repräsentiert ein drittes Spectrum des Brom und entspricht wahrscheinlich dem normalen Bandenspectrum, wie es zum Beispiel Schwefel, Stickstoff, Quecksilber etc. aufweisen, während beim Chlor bisher ein solches Bandenspectrum nicht aufgefunden werden konnte. Das Emissionsbandenspectrum des Brom, dessen genauere Identificierung den älteren Spectralanalytikern nicht gelungen war, wurde von uns mit hinlänglicher Deutlichkeit photographiert, so dass wir einige Zonen zum Zwecke von Wellenlängenbestimmungen ausmessen konnten. Die Resultate dieser Messungen sind in nachstehender Tabelle niedergelegt und daneben die Wellenlängen der dunkleren Linien im Absorptionsspectrum des Bromdampfes nach Hasselberg eingetragen.

Eder und Valenta helle Linien im Bandenemissionsspectrum des Bromdampfes		*i*	Hasselberg dunkle Linien im Absorptionsspectrum des Bromdampfes
5593·38		1	5593·17
5592·99		1	5592·68
5592·47		1	5592·24
5592·05		1	5591·90
5591·19		1	5591·56
5590·86	5590·82	1	5591·10
5590·50	5590·52	2	5590·71
5590·20	5590·19	3	5590·38
5589·99	5589·97	4	5590·16
5589·67	5589·67	2	5589·84
5589·24			5589·49
5587·71			5589·05
5587·44			

[1]) Wiedemann: «Ann.», 1883, Bd. XIX, pag. 75.

[2]) Kronen: «Über die Spectren des Jod», Inauguraldissertation, Köln 1897, pag. 24.

Aus dem Vergleiche der beiden Tabellen geht hervor, dass die Spectren sehr ähnlich sind. Einige Liniengruppen, zum Beispiel 5593 bis 5589, sind unzweifelhaft analog, das heisst, die leuchtenden Linien des Bandenemissionsspectrums in Plücker'schen Röhren haben ein und dieselbe Wellenlänge, wie die dunklen Linien das Bandenabsorptionsspectrum von Bromdampf.

Eine andere Liniengruppe weist nur theilweise, aber keineswegs vollkommene Identität der Wellenlängen beider Arten des Bandenspectrums auf.

Eder und Valenta helle Linien im Bandenemissionsspectrum des Bromdampfes	*i*	Hasselberg dunkle Linien im Absorptionsspectrum des Bromdampfes	Anmerkung
5516·91	1	5517·03	
5513·64	1/2	5513·73	
5512·79	1/2	5512·82	
5511·53	1/2	5511·65	
5511·08	1	5511·03	
5510·71	1/2	5510·69	
5510·17	1/2	5510·35	
5509·79	1/2	5509·87	
5509·48	1/2	5509·62	
5509·06	2	5509·06	
5508·71	2	5508·87	
5508·21	1	5508·21	
5507·80	2		
5507·50	2	5507·59	
5506·69	1	5506·88	
5506·21	3	5506·36	
5505·97	2	5505·98	
5505·60	1	5505·75	
5505·24	1	5505·11	
5504·51	1	5504·72	
5504·08	1/2	5504·31	
5503·86	1	5503·90	
5503·46	1	5503·23	
5503·36		5501·46	
		5501·13	
einige Linien fehlen		5500·58	Hauptlinie
5501·59		viele Linien	
5501·26			
5500·82	1		
5500·81	1		
5496·61	1	5496·41	
5496·19	3	5496·01	
5495·71	2	5495·53	
5494·79	2	5494·95	
5494·30	2	5494·30	
5493·72		5493·78	

Es ist somit das von Plücker und Hittorf vorausgesehene Emissionsbandenspectrum des Bromdampfes durch diese Befunde thatsächlich experimentell als existierend nachgewiesen.

In weitaus höherem Grade charakteristisch für den spectralen Nachweis von Brom ist das Linienspectrum, welches wir von $\lambda = 3900$ bis $\lambda = 3684$ mit unserem grossen Concavgitter in der zweiten Ordnung photographiert und unter dem Mikroskope ausgemessen haben. Als Standard benützten wir die Rowland'schen Eisenlinien mit jenen Werten, welche ihnen Rowland im Sonnenspectrum zuschreibt.

Die Photographien im rothen und gelben Spectralbezirke nahmen wir im Spectrum erster Ordnung vor. Die Photogramme des Bromspectrums von $\lambda = 6632$ bis $\lambda = 5180$ sind von sehr befriedigender Gleich-

mässigkeit. Die Aufnahmen wurden auf Bromsilbergelatine-Trockenplatten durchgeführt, welche wir durch Baden in Farbstofflösungen für die betreffenden Strahlen empfindlich gemacht hatten. Es ist dies wohl die erste gelungene heliographische Wiedergabe dieses schwer zu photographierenden Bezirkes lichtarmer Spectralphänomene im wenig brechbaren Theile.

Die ermittelten Wellenlängen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Wellenlängemessungen im Spectrum des Brom.

Eder und Valenta			Ältere Beobachtungen		Eder und Valenta			Ältere Beobachtungen	
λ	i	Bemerkung	Salet	Plücker und Hittorf	λ	i	Bemerkung	Salet	Plücker und Hittorf
—	—		6990	—	5539·21	1		—	—
—	—		—	6862	5536·52	4		—	—
6682·83	2		—	—	5532·38	1/2		—	—
6632·02	5		6630	6628	5529·19	2		5515	5515
6582·52	1		6580	6576	5516·87	1		—	—
6560·17	4		6555	6555	5511·04	2		—	—
6545·00	1/2		—	—	5508·49	3		—	—
6353·07	1		—	—	5506·97	8		5000	5502
6351·02	10		6356	6357	5495·24	7		5495	5492
6204·36	1/2		—	—	5489·00	6		—	—
6178·72	2		—	—	5483·20	2		—	—
6170·09	2		—	—	5481·41	2		—	—
6159·60	2		—	—	5480·20	3	verbreitert	—	—
6149·95	10		6165	6158	5466·43	5		—	—
6142·02	4		—	6151	5450·28	3		5450	5446
6123·49	3		—	6131	5442·55	4		—	—
6118·89	4		—	6128	5435·30	5		—	5436
6097·05	1		—	—	5433·49	1		—	—
5954·3	1/2		—	—	5425·21	5		5425	5428
5950·7	1/2		—	—	5423·01	7		—	5422
5940·83	4		—	—	5395·69	5		—	5391
5871·97	3		5880	—	—	—		—	5383
5868·40	2		—	5868	5370·51	2	verbreitert nach Roth	—	—
5864·55	3		—	—	5364·38	3	"	—	—
5852·40	5		—	—	5360·99	2		—	—
5833·71	3		—	—	5345·53	4	"	—	—
5831·04	7		5840	5827	5335·30	5		5335	5326
5821·40	3		—	5824	5333·49	1		—	—
5794·50	2		—	5792	5332·18	10		—	—
—	—		—	5739	5330·76	2		—	—
5719·17	4		5720	5722	5304·31	7		—	5299
5716·5	1/2		—	—	—	—		5310	5292
5711·25	4		—	5712	5272·89	4		5275	5263
—	—		—	5696	5263·68	4		5265	5250
5657·83	4		—	5662	5249·219	3		—	—
5643·40	1/2		—	—	5239·994	2		5240	5225
5630·3	1		—	—	5238·472	8		—	—
5627·5	1	verbreitert	—	5626	5233·65	2		—	—
5622·38}	1		—	5622	5227·911	3		—	5220
5621·95}	1		—	—	—	—		—	5216
5600·90	4		5600	5598	5199·50	3		—	—
5590·15	8		—	—	5194·075	4	etwas verbreitert	—	—
5588·40	2		—	—	5184·074	4		—	5187
5584·98	1		—	—	5182·573	7		—	—
5560·10	1		—	5566	5180·19	2		5185	5180
5545·91	1		—	5552	5174·09	1		—	—

Eder und Valenta			Ältere Beobachtungen	
λ	*i*	Bemerkung	Salet	Plücker und Hittorf
5164·560	5		5165	5168
5143·626	2		—	5150
—	—		—	5122
—	—		—	5106
—	—		—	5092
5054·853	4		5060	5054
5038·962	3	verbreitert	—	5035
5020·756	3		—	—
5011·000	1		—	5010
5002·96	1		—	—
4987·234	1	kaum sichtbar	—	4990
4979·950	4	ziemlich scharf	—	4982
4959·51	4	verbreitert	—	4960
4945·768	3	verschwommen	—	4955
4942·21	1	undeutlich	—	—
4930·816	5	ziemlich scharf	4930	4932
4928·966	5	„	—	4924
4926·758	2	verschwommen	—	—
4921·386	3	„	—	—
4921·20	1	„	—	—
4867·935	3	verbreitert	—	4868
4866·851	3	„	—	—
4848·988	6	scharf	—	4852
4845·196	3	verbreitert	—	4847
4838·823	3		—	—
4834·699	2	verschwommen	—	—
4816·900	8	ziemlich scharf	4815	4818
4802·544	4	„	—	4807
4799·794	3	verschwommen	—	—
4798·415	3	„	—	—
4791·989	2	„	—	—
4785·644	10	scharf	4785	4787
4780·524	6	„	—	4778
4777·30	3	„	—	—
4776·605	7	scharf	—	—
4775·41	3	„	—	—
4774·01	4	„	—	—
4772·91	3	verbreitert	—	4741
4767·282	8	scharf	—	—
4766·27	5	verbreitert nach Roth	—	—
4753·05	1		—	—
4702·47	3	verbreitert	—	—
4750·10	2	total verbreitert	—	—
4744·53	3	verbreitert	—	4746
4742·87	8	scharf	—	4736
4735·67	5	verbreitert nach Roth	—	4730
4728·90	2		—	—
4728·49	4		—	—
4720·56	1	„	4720	4720
4719·95	8		—	—
4717·57	3	etwas verbreitert	—	—
4714·66	1	ganz verschwommen	—	—
4711·32	1		—	—
4708·16	1		—	—
4705·00	10	verbreitert	4705	4706
4701·93	2	unscharf	—	—

Eder und Valenta			Ältere Beobachtungen	
λ	*i*	Bemerkung	Salet	Plücker und Hittorf
4698·77	2	unscharf	—	4695
4696·59	2	„	—	—
4693·48	8	ziemlich scharf	—	—
4692·51	3	etwas verbreitert	—	—
4691·42	3	verbreitert	—	—
4678·89	8	etwas verbreitert	4675	4680
4675·82	2	ganz verbreitert	—	4676
4673·56	2	ziemlich scharf	—	—
4672·750	6	„	—	—
4666·42	2		—	—
4652·18	6	scharf	—	—
4644·17	2	unscharf	—	4644
4643·74	4	ziemlich scharf	—	—
4642·35	3	verbreitert	—	—
4629·66	3	„	—	—
4622·99	8	ziemlich scharf	4620	4625
4614·86	6	„	—	—
4605·90	2	bandartig verbreitert	—	—
4601·63	5	verschwommen	—	—
4597·14	3	„	—	—
4575·95	6	verbreitert nach Roth	—	—
4558·21	4	verschwommen	—	—
4543·12 }	8	scharf	4542	4543
4542·67 }	2	verschwommen	—	—
4538·95	5	verbreitert	—	—
4530·21	1		—	—
4530·00	5	scharf	—	—
4529·78	2	„	—	—
4525·82	8	einseitig nach Roth verbreitert	—	—
4513·99	1		—	—
4513·67	5	scharf	—	—
4508·29	2	verschwommen	—	—
4490·68	5	scharf	4485	—
4477·96	10	scharf, einseitig verbreitert nach Roth	—	—
4472·83	8	„	—	—
4471·99	1		—	—
4470·22	1		—	—
4466·42	1	verschwommen	—	—
4465·99	1	„	—	—
4460·92	1		—	—
4460·39	1		—	—
4453·75	1		—	—
4441·94	8	verbreitert nach Roth	—	—
4431·13	2		—	—
4430·07	2		—	—
4425·32	5	scharf	—	—
4423·22	2		—	—
4412·66	1		—	—
4407·80	4		—	—
4405·18	1		—	—
4399·87	3		—	—
4396·55	5		—	—
4395·10	4		—	—
4391·76	3		—	—

Eder und Valenta			Ältere Beobachtungen	
λ	i	Bemerkung	Salet	Plücker und Hittorf
4386·83	2	verschwommen	—	—
4378·11	4	verbreitert	—	—
4377·40	2	ziemlich scharf	—	—
4372·20	3	verschwommen	—	—
4365·76	8	scharf	4367	4365
4365·31	4	„	—	—
4297·27	3	„	—	—
4291·54	6		4287	4288
4236·998	6	„	—	—
4230·101	4		4230	4241
4223·996	8		—	4228
4202·64	4	„	—	4198
4193 62 }	6		—	—
4193·34 }	2		—	—
4179·76	8		4180	4181
4175·92	5	„	—	—
4175·77	1	sehr schwach	—	—
4160·14	2	ziemlich scharf	—	—
4157·54	2		—	—
4157·23	3		—	—
4151·52	3	scharf	—	—
4144·12	2	„	—	—
4140·37	6	„	—	4142
4138·78	3	verbreitert	—	—
4135·79	5	scharf	—	—
4117·58	3	etwas verbreitert	—	—
4110·12	4		—	—
4109·96	1		—	—
4106·52 }	3	scharf	—	—
4105·56 }	2	„	—	—
4102·62	4		—	—
4096·27	3	stark verbreitert	—	—
4090·74	3	scharf	—	—
4089·29	3	etwas verbreitert	3980	—
4075·66	4	verbreitert		
4037·486	2	scharf		
4036·538	4	ziemlich scharf		
4024·19	5	verbreitert nach Roth		
4022·04 }	2			
4021·95 }	1			
4012·70	3	scharf		
4008·93	6	verbreitert nach Roth		
4007·45	5	scharf		
4005·69	2	„		
4001·60	3	mässig verbreitert		

Eder und Valenta			Ältere Beobachtungen	
λ	i	Bemerkung	Salet	Plücker und Hittorf
3999·77	4	mässig verbreitert		
3997·27	4	„		
3992·51	4	scharf		
3991·485	3	„		
3986·666	8	„		
3980·585 }	10	etwas verschwommen		
3980·151 }	5	scharf		
3968·804	5	scharf		
3955·504	8	mässig nach Roth verbreitert		
3950·745	7	„		
3939·862	5	„		
3938·801	5	„		
3935·310	6	„		
3929·726	6	gleichmässig verbreitert		
3924·239	8	mässig verbreitert nach Roth		
3923·506	6			
3920·838	6	verbreitert nach Roth		
3919·770	6	ziemlich scharf		
3917·960	3	scharf		
3914·419	9			
3914·270	—			
3901·418	4			
3891·790	8	„		
3888·665	4	verbreitert nach Roth		
3871·377	6	scharf		
3857·363	6	ziemlich scharf		
3840·775	3	etwas verbreitert nach Roth		
3834·861	6	verbreitert nach Roth		
3829·920	3	stark verschwommen		
3828·640	3			
3815·771	4	scharf		
3811·55	3			
2801·09	1	„		
3794·153	4	„		
3772·727	4	verbreitert		
3770·410	2	„		
3753·87	4	„		
3740·66	7	„		
3737·82	2	„		
3735·91	1			
3725·54	1			
3714·45	4			
3699·595	2			
3684·84	3			

Normalspectren einiger Elemente zur Wellenlängebestimmung im äussersten Ultraviolett.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 13. Juli 1899.)

Für die Orientierung im äussersten Ultraviolett sind genau bestimmte Spectrumphotographien von Metallen, welche typische Spectren liefern, von Wert. Dies gilt sowohl für das Gitter-, als auch für das prismatische Spectrum.

Trotzdem mehrfach Photographien von ultravioletten Gitterspectren publiciert worden sind, wurde dennoch dem Bezirke kleinster Wellenlängen wenige Aufmerksamkeit zugewendet. Wir haben hierbei zunächst jene kurzwelligen Spectralbezirke im Auge, welche sich noch, ohne dass man die atmosphärische Luft aus dem Wege der Lichtstrahlen entfernt, photographieren lassen, ohne auf jene Bezirke einzugehen, welche nur im Vacuumspectrographen (nach Schumann: Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Bd. CII, Abth. III *a*, Juli 1893) nachweisbar sind. Die Grenze des auf photographischem Wege erreichbaren brechbaren ultravioletten Spectrums liegt nach den übereinstimmenden vorliegenden Angaben von Cornu[1]), V. Schumann[2]), Kayser und Runge[3]) bei ungefähr $\lambda = 1850$ Angström-sche Einheiten, jedoch ist diese Region schon für gewöhnlich schwer erreichbar.

Die Grenze der erreichbaren Spectrumphotographien im äussersten Ultraviolett ist bei Verwendung von normalen Bromsilbergelatine-Trockenplatten abhängig von der Absorption der Luftschichte, welche die Strahlen passieren müssen, von den eventuell im Apparate vorhandenen Prismen und Linsen aus Bergkrystall und endlich von der absorbierenden Wirkung der Gelatineschichte der Trockenplatten. Diese Umstände sind so bekannt, dass sie keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Für Gitterspectrographen grösserer Dispersion fehlen bis jetzt deutliche und klare Spectrumphotographien im brechbarsten Ultraviolett, welche eine sichere Orientierung in den Spectralbezirken von $\lambda = 2770$ bis $\lambda = 1999$ ermöglichen würden. Die grössere Dispersion solcher Spectren ergibt selbst

---

[1]) «Journal de Phys.», 1881, Bd. X, pag. 425; Kayser's «Lehrbuch der Spectralanalyse», 1883, pag. 231.

[2]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien, mathem.-naturw. Cl.

[3]) Abhandlungen d. königl. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1892.

bei sehr linienreichen Spectren, wie zum Beispiel das Bogen- und Funkenspectrum des Eisens, eine grosse Klarheit der photographischen Bilder.

Bekanntlich coïncidieren bei weitem nicht alle Eisenlinien im Funkenspectrum mit jenen des Bogens, sondern es fehlen bald in dem einen, bald in dem anderen Spectrum viele Linien und kommen erst bei sehr langen Belichtungen mit charakteristisch verschiedener Intensität zum Vorscheine.

Die zuerst von Liveing und Dewar publicierten vergleichenden Tabellen [1]) des Gitter- und Bogenspectrums des Eisens erweisen dies zur Genüge; es ist jedoch schwierig, diese Wellenlängen mit den neuen Standards von Rowland in sichere Beziehungen zu bringen, weil bei diesen und allen späteren Publicationen, welche das Eisenspectrum behandeln (von Kayser und Runge a. a. O., Exner und Haschek [2]) vergleichende, zur Coïncidenz gebrachte Photogramme des Funken- und Bogenspectrums fehlen. Standardspectren, welche noch weiter ins Ultraviolett reichen und genau bezüglich der Wellenlängen im Bogen und Funken orientiert sind, fehlen gleichfalls. Wir haben uns bemüht, mittelst unseres grossen Concavgitters diese für den Spectralanalytiker nicht unwichtigen Hilfsmittel zu schaffen. Zunächst haben wir das Eisenspectrum im Funken und Bogen coïncidierend photographiert, was allerdings einige Mühe verursacht, um genaue Coïncidenzen und richtige Belichtungszeiten zu treffen, desgleichen wurden auch Nickel und Kobalt, sowie Kupfer im selben Sinne untersucht und deren Spectrumphotographien in den beigegebenen Tafeln heliographisch reproduciert. Der Anblick der Abweichungen der beiden Spectrumarten ist höchst lehrreich und interessant und benöthigt keine weitere Beschreibung. Besonders scharf sind bei derartigen Spectrumphotographien stets die Linien der Eisenspectren, weniger jene der Nickel- und Kobaltspectren, weshalb wir als Standard nur das Eisenspectrum benützen. Wir haben diese wichtigen Eisenstandards nicht nur photographisch abgebildet, sondern auch einer genauen Wellenlängenmessung unterzogen. Die von uns auf Grund eigener Messungen ermittelten und auf Rowland's Standard bezogenen Wellenlängen im Eisenspectrum geben wir in nachfolgender Tabelle wieder.

Wir halten die von uns erzielte Genauigkeit für eine gute und schätzen den möglichen Fehler bei unseren Messungen innerhalb der Grenzen $\pm 0 \cdot 01$, vielleicht im Durchschnitte sogar $\pm 0 \cdot 005$. Unsere am Schlusse der Abhandlung gegebenen Eisenlinienstandards im Zusammenhange mit der Abbildung (Taf. XXIV, Fig. 1) ermöglichen die sichere Orientierung in diesem Bezirke, sowohl beim Arbeiten im Bogen, als auch im Funken. Das Nickelspectrum ist entschieden gegen das kurzwellige Ultraviolett zu lichtstärker als Eisen; Kobalt liegt in der Mitte [3]). Alle drei Spectren sind mit mittelmässig langen Belichtungen aufgenommen worden; bei langen Belichtungen erscheinen viel mehr Linien, das Spectrum reicht etwas weiter ins Ultraviolett, aber der charakteristische Habitus im Baue der Spectren ist dann viel undeutlicher kenntlich.

Vom Nickelspectrum haben wir nur einige Wellenlängen eingetragen, das Kobaltspectrum ist unter jenes, bei Einhaltung einer genauen Orientierung, gesetzt.

Wir haben schon früher angegeben und durch Abbildungen gezeigt [4]), dass das Eisenspectrum bei $\lambda = 2327$ plötzlich an Helligkeit verliert und die nunmehr folgenden, immerhin noch zahlreichen Linien ($\lambda < 2327$) relativ lichtarm sind, wenn sie auch bei längerer Belichtung noch deutlich nachgewiesen werden können. Unsere Spectrumphotographie ist absichtlich bei kürzerer Belichtung hergestellt, damit der wichtigste Bezirk ($\lambda > 2327$) klar und deutlich zu Tage tritt; bei reichlicher Belichtung treten noch viele schwache Linien auf, aber das Charakteristische in der Anordnung der Linien der beiden Arten des Eisenspectrums wird verwischt.

---

[1]) Watts: «Index of Spectra».

[2]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien, mathem. naturw. Cl., Bd. XVI, Juli 1897.

[3]) Vergl. pag. 49 dieser Abhandlungen.

[4]) Vergl. pag. 50 dieser Abhandlungen.

Für das brechbarste Ultraviolett, welches sich an $\lambda = 2327$ anschliesst, erscheint uns auf Grund vielfacher Versuche das Kupferspectrum als das geeignetste Vergleichsspectrum; seine Linien sind allerdings weder im Funken, noch im Bogen so scharf wie jene des Eisenspectrums, aber man findet eine reichliche Anzahl von Linien, welche noch hinlänglich scharf sind, sehr gleichmässig vertheilt von $\lambda = 2369$ bis $\lambda = 1999$, ja sogar bis 1944. Demzufolge legten wir grossen Wert auf die genaue Feststellung des Kupferspectrums (Funken und Bogen) und stellten Photographien desselben bei mittlerer Exposition her, um die Hauptlinien charakteristisch zur Anschauung bringen zu können (Gitterspectrum s. Taf. XXIV, Fig. 4, Quarzspectrum s. Taf. XXVI, Fig. 1). Sehr interessant gestaltet sich der Vergleich des Funkenspectrums mit dem Bogenspectrum des Kupfers (Taf. XXIV, Fig. 4).

Wir haben dasselbe durch wiederholte Messungen (mittelst des Mikroskopes) der mit dem grossen Gitter erhaltenen Spectrumphotogramme sichergestellt und auf Rowland's Standards bezogen. Die am Schlusse folgende Tabelle gibt das Resultat dieser Messungen mit einer wahrscheinlichen Fehlergrenze von $\pm$ 0·01 Angström'schen Einheiten. Wir bemerken hierzu, dass wir das Kupferspectrum bereits früher mit einem kleinen Gitterapparate und mit dem Quarzspectrographen mit aller Sorgfalt gemessen haben. Der Vergleich der neuerdings ermittelten Zahlen mit den früheren ist somit ein ziemlich verlässlicher Masstab für die Leistungsfähigkeit beider Beobachtungsarten, wobei natürlich das grosse Gitter genauere Zahlen liefert.

Die Tabelle am Schlusse dieser Abhandlung enthält die von uns ermittelten Werte unserer Kupferstandards, welche wir von $\lambda = 2769$ bis $\lambda = 1938$ den später folgenden Messungen an anderen Elementen (im Anschlusse an die Eisenstandards) zu Grunde legten.

Das Kupferspectrum ist auch eines der wichtigsten Vergleichsspectren für das prismatische (Quarz-) Spectrum. Wir haben wiederholt darauf hingewiesen, dass selbst das lichtstarke Gitter im äussersten Ultraviolett wesentlich hinter dem Quarzspectrographen zurücksteht. Es gelang uns, die Kupferlinie $\lambda = 1999$ mittelst Gitter zu erhalten, erst bei vielstündiger Belichtung, dagegen im Quarzspectrographen leicht bei Belichtungen von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde unter sonst gleichen Verhältnissen. Die benachbarten Kupferlinien $\lambda < 1970$ sind im Gitter nur mit der grössten Mühe nachweisbar[1]), im Quarzspectrographen aber sehr leicht (s. Taf. XXIV, Fig. 4 und Taf. XXVI, Fig. 1). Durch verlängerte Exposition kann man beim Gitterspectrographen (an der Luft) nur äusserst schwierig ins äusserste Ultraviolett vordringen, weil über eine gewisse Zeitdauer der Belichtung das stets im Spectrum (trotz aller Vorsichtsmassregeln) vorhandene diffuse Licht einen stets wachsenden Schleier hervorruft, welcher die schwächeren Linien zudeckt, so dass sie kaum mehr hervorzurufen sind. In dieser Beziehung ist das Arbeiten mit dem Quarzspectrographen im äussersten Ultraviolett weit erfolgreicher.

Sehr gute Standards für das äusserste Ultraviolett liefert das Aluminium, dessen Spectrum zwar kein zusammenhängendes Liniensystem zeigt, aber einige sehr helle Linien in der Gegend $\lambda = 1850$ besitzt. Diese Liniengruppen wurden zuerst von Cornu[2]) approximativ im prismatischen Spectrum gemessen, später von Runge[3]) im Vacuumspectrographen mit grosser Genauigkeit zwischen $\lambda = 1989$ bis $\lambda = 1854$ Angström'sche Einheiten bestimmt. Wir fanden im Quarzspectrographen ausser den vier bereits bekannten Linien noch zwei scharfe, neue Aluminiumlinien in diesem Bezirke, welche wir in der Tabelle (bezogen auf die von Runge gefundenen Werte) etwas später anführen. In unserer Photographie des Aluminiumspectrums ist neben der starken Linie $\lambda = 1935$ eine schwächere, aber trotzdem sehr deutliche und scharfe Linie bemerkbar, welche wir mit $\lambda = 1930{\cdot}41$ bestimmten. Diese Linie, sowie die Linie $\lambda = 1857$ sind von uns neu als Aluminiumlinien geführt.

---

[1]) Kayser und Runge kamen bis Cu $\lambda = 1943$, Exner und Haschek bis $\lambda = 2105{\cdot}0$.

[2]) «Journ. de Phys.», 1881, Bd. X, pag. 425.

[3]) «Astrophys. Journ.», 1895, Bd. I, pag. 433.

Es ist bemerkenswert, dass die brechbare Componente der Cornu'schen Aluminiumlinie 1933·5 (nach unseren Messungen die Doppellinie $\lambda = 1935$, 1930) nach den Angaben V. Schumann's dem Silicium angehören solle. Wir haben daher früher, bevor wir die kurzwelligen Spectralbezirke zum Gegenstande unseres Studiums gemacht hatten, mit den Angaben Schumann's die Linie 1929 als brechbarste Siliciumlinie in unsere Tabellen übernommen[1]).

Auch C. Leiss schreibt («Zeitschrift für Instrumentenkunde», 1898, pag. 331): «Die blässere brechbare Componente der Doppellinie Nr. 31 nach Cornu (das ist $\lambda = 1935$, 1930 nach unseren Messungen) gehört, wie Dr. V. Schumann zuerst gefunden, dem Silicium an, reines Aluminium wird sie somit nicht geben».

Wir wendeten dieser Linie bei der neuen Anordnung unseres Quarzspectrographen unsere besondere Aufmerksamkeit zu und erhielten dieselbe mit recht reinem Aluminium, welches sehr kleine Mengen, höchstens 0·1 %, Silicium enthält, mit grösster Deutlichkeit. Als wir zur Gegenprobe das Funkenspectrum von Siliciumkupfer (mit einem Gehalte von mindestens 10 % Silicium) untersuchten, erhielten wir trotz doppelt so langer Belichtung keine Spur dieser Linie, wohl aber alle anderen von uns ermittelten Siliciumlinien.

Wir sind deshalb genöthigt, die von uns früher geführte, mit «$\lambda = 1929$» bezeichnete Schumann'sche Siliciumlinie aus der Tabelle des Siliciums zu streichen und bis auf Weiteres dem Aluminiumspectrum einzureihen.

An dieser Stelle bemerken wir, dass wir bei dieser Gelegenheit unsere damaligen Messungen controliert haben und die äusserst scharfe Aufnahme bei grösserer Dispersion als wir sie damals hatten, für die brechbarste Siliciumlinie die Wellenlänge $\lambda = 2124·17$ ergab. Unsere frühere Zahl 2123, welche auf eine weniger scharfe Photographie und ungenauere Standards bezogen war, ist hiernach durch den richtigen obigen Wert zu ersetzen.

Bezogen auf unsere Eisen- und Kupferstandards, sowie im äussersten Ultraviolett auf Aluminium, haben wir auch das Funkenspectrum des Goldes neu bestimmt, denn es kann bei Vergleichsaufnahmen im äussersten Ultraviolett recht gute Dienste leisten. Das Goldspectrum benöthigt aber eine wesentlich längere Belichtungszeit (2 bis 3 mal) als das Kupferspectrum. Die Tabelle, welche unsere neuen Messungen der mit dem grossen Gitter, sowie mit dem Quarzapparate erhaltenen Wellenlängen wiedergibt, ist etwas später mitgetheilt.

Vom brechbarsten ultravioletten Goldspectrum haben wir auch eine heliographische Abbildung (erhalten mittelst des Quarzspectrographen) in Taf. XXVI, Fig. 2, gegeben.

Zur Orientierung im äussersten Ultraviolett erscheint auch das Cadmium, Zink und Blei (eventuell die Legierung dieser drei Metalle) gut geeignet. Die starke Verbreiterung vieler dieser Linien macht jedoch genaue Messungen schwierig, weshalb diese Metalle wohl sehr geeignet zur allgemeinen Orientierung, aber weniger gut als sogenannte Standards zu Vergleichsspectren bei grösserer Dispersion erscheinen.

Gute Abbildungen der Spectren dieser Elemente sind im brechbarsten Theile für den Spectralanalytiker nicht unwichtig, weshalb wir die Funkenspectren dieser drei Metalle (photographische Aufnahmen bei kurzer Exposition), sowie jene von Thallium und Zinn beifügen (s. Taf. XXV, Fig. 4 und 5).

Die drei erstgenannten Metallspectren (Cd, Zn, Pb) sind mit reinem Materiale hergestellt, das Thallium war ein wenig bleihältig, was in der betreffenden Figur angemerkt ist, das Zinn war von unbefriedigender Reinheit, weshalb wir eine Anzahl fremder Linien (Cu, Pb, Fl etc.) am Spectrumnegative abdeckten, so dass das Bild (Taf. XXV, Fig. 5) nicht frei von Retouche ist. Es kommt somit dieser Figur ein geringerer Grad von Verlässlichkeit zu, als den übrigen heliographischen Spectrumfiguren unserer Tafeln.

---

[1]) Eder und Valenta: «Über das Emissionsspectrum des Kohlenstoffes und Siliciums», vergl. pag. 58 dieser Abhandlungen; ferner Eder und Valenta: «Das Linienspectrum des Siliciums», vergl. pag. 75 dieser Abhandlungen.

Schliesslich geben wir noch eine heliographische Reproduction von Funkenspectren des Calciums, welches wir mit dem grossen Gitter photographiert haben[1]). Es geht daraus hervor, welche enormen Intensitätsunterschiede im Spectrum des Calciums sich geltend machen. Um den Habitus des Calciumfunkenspectrums nicht zu verwischen, begnügten wir uns mit ziemlich kurzen Expositionen, trotzdem ist die Gruppe bei $\lambda = 3178$ bis $\lambda = 3169$ bereits überexponiert und unklar geworden, so dass speciell diese Gruppe auf der beigegebenen Tafel nicht so correct wiedergegeben erscheint, als gelegentlich unserer früheren Detailstudie über diesen Gegenstand[2]). Die Reproduction der anderen Liniengruppen ist aber mit befriedigender Klarheit gelungen und so mag diese Tafel als eine angemessene Ergänzung sowohl unserer, als auch anderer Abhandlungen über das Calciumspectrum genommen werden.

Die Anwendung des Quarzspectrographen ist, wie erwähnt, für das brechbarste Ultraviolett, namentlich für $\lambda < 2000$, wegen der grösseren Lichtstärke dem Gitter vorzuziehen. Die Dispersion ist in diesen Spectralbezirken selbst bei Anwendung eines einzigen Quarzprismas von 60° und von Linsen von 60 *cm* Focus schon eine ansehnliche und das Bildfeld der scharfen Spectrallinien ein ausgedehntes.

Immerhin bietet die Herstellung präciser Spectrumphotographien mittelst des Quarzapparates in den Bezirken $\lambda = 2300$ bis 1854 unleugbare Schwierigkeiten, sobald die beste Definition der brechbarsten Linien verlangt wird. Da derartige Spectrumphotographien mit genau orientierten und auf Rowland's Normalspectren bezogenen Standards wichtig sind und bisher nicht genügend klar zur Darstellung gebracht wurden[3]), fügen wir eine heliographische Tafel mit Standards bis zu $\lambda = 1850$ im prismatischen Spectrum des Kupfers, Goldes, Aluminiums, Cadmiums und Zinkes bei.

Die Berechnung der Wellenlängen im prismatischen Spectrum ist weit umständlicher und unsicherer als im Gitterspectrum. Die sehr wichtige Abhandlung von J. Hartmann: «Über eine einfache Interpolationsformel für das prismatische Spectrum»[4]) hilft in diesem Falle dem dringenden Bedürfnisse der praktischen Spectrometrie ab.

Hartmann stellte folgende einfache Interpolationsformel zur Ermittelung der Wellenlängen im prismatischen Spectrum (mit Glasprismen) auf:

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{C}{s - s_0}.$$

In derselben bedeutet s das directe Messungsergebnis, also Kreisablesung, Skalentheile, Schraubentheile eines Ocularmikrometers oder lineare, auf der photographischen Platte gemessene Grössen:

---

[1]) Im Nachtrage zu unserer Abhandlung, Eder und Valenta: «Über das Funkenspectrum des Calciums und Lithiums», vergl. pag. 333 dieser Abhandlungen. Die dort niedergelegten Beobachtungen benützte Prof. J. Wilsing: «Über die Deutung des typischen Spectrums der neuen Sterne», Sitzungsb. d. königl. preuss. Akad. d. Wissensch., Berlin 1899, Bd. XXIV, pag. 426.

[2]) Da das Calcium oft als Verunreinigung anderer Körper auftritt, so ist die Anschauung der Abbildung seines Funkenspectrums auch in dieser Richtung mehrfach verwendbar.

[3]) C. Leiss gibt in seiner Abhandlung über Quarzspectrographen und neuere optische spectrographische Hilfsapparate («Zeitschr. für Instrumentenkunde», November 1898) mit wesentlich kleinerer Dispersion als jene es war, mit welcher wir arbeiteten, ziemlich gute Lichtdruckabbildungen der Funkenspectren von Zink, Calcium, Silber und Aluminium. Das Aluminiumspectrum von Leiss reicht bis $\lambda = 1854$, das Zinkspectrum aber ist in seinem charakteristischen Bezirke im äussersten Ultraviolett, das ist bei der Gruppe 2138 bis 2025, dort kaum wiedergegeben und auch beim Cadmium und Silber der stärker brechbare Theil des Spectrums wenig berücksichtigt. Da es sich bei Leiss in erster Linie darum handelte, die Leistungsfähigkeit der in der Fuess'schen Werkstätte in Steglitz construierten Apparate zu demonstrieren, so wurde auf die Eintragung correcter, unter sich stimmender, auf Rowland's Standard bezogener Wellenlängen keine Rücksicht genommen und es sind daher die a. a. O. eingetragenen Wellenlängen für Messungszwecke nicht verwendbar.

[4]) «Publicationen des Astrophysikalischen Laboratoriums in Potsdam», Nr. 42, Anhang zum XII. Bande, 1898.

λ_0 ist eine Constante des Spectrographen, welche für jedes Instrument nur einmal bestimmt wird; s_0 ist durch die Art der Eignung der Platte in den Messapparat bestimmt, ist also der Nullpunkt der Zählung; C ist der Schraubenwert der Mikrometerschraube oder des Masstabes des Messapparates, welcher also, solange man denselben Sectrogaphen und denselben Messapparat benützt (abgesehen von Temperaturcorrecturen), constant ist.

Hat man mit einem Spectrographen das erste Spectrum anfgenommen und dasselbe ausgemessen, so genügt es, die Wellenlängen von drei der gemessenen Linien (Standards) zu kennen, um sofort die Wellenlängen aller anderen Linien zu haben[1]). Sind λ_1, λ_2, λ_3 die Wellenlängen der drei Standards, zu welchen die Skalentheile s_1, s_2 und s_3 gehören und bildet man mit diesen Werten die drei Gleichungen entsprechend der Hartmann'schen Interpolationsformel, so ergibt sich folgende Auflösung für s_0, C und λ_0:

$$s_0 = \frac{s_1(\lambda_1-\lambda_2)(s_3-s_2) - s_3(\lambda_2-\lambda_3)(s_2-s_1)}{(\lambda_1-\lambda_2)(s_3-s_2) - (\lambda_2-\lambda_3)(s_2-s_1)}$$

$$C = \frac{(\lambda_1-\lambda_3)(s_1-s_0)(s_3-s_0)}{s_3-s_1}$$

$$\lambda_0 = \lambda_1 - \frac{C}{s_1-s_0} = \lambda_2 - \frac{C}{s_2-s_0} = \lambda_3 - \frac{C}{s_3-s_0}.$$

Wir versuchten nun, ob diese Formel für den Quarzspectrographen ebenso gilt, als für die von Hartmann benützten Glasprismen.

Zur Controle zogen wir die sich ergebenden Linien des Kupfer-, Aluminium- und Goldspectrums heran (s. oben) und versuchten, ob die obige Formel zur Interpolierung für diesen Specialfall genügt.

Es ergab sich, dass in der That für kleine Spectralbezirke von beiläufig 130 Angström'schen Einheiten die Hartmann'sche Formel genügt.

Wir wählten drei Normallinien zur Berechnung einer Formel, nämlich die Kupferlinien $\lambda_1 = 2126\cdot09$, $\lambda_2 = 2037\cdot25$ und $\lambda_3 = 1999\cdot71$ (in unserem Messapparate lag die erste Linie, s_1, beim Skalentheile 50.000, die zweite, s_2, bei 75·8945 und die letzte, s_3, bei 87·9915) für den von ihnen begrenzten Bezirk; für das benachbarte Spectrum aber als Standards die Kupferlinie $\lambda_1 = 1999\cdot71$, die Aluminiumlinien $\lambda_2 = 1935\cdot29$ und $\lambda_3 = 1862\cdot20$, mit den Skalentheilen $s_1 = 87\cdot9915$, $s_2 = 110\cdot8010$ und $s_3 = 140\cdot2840$; für den Bezirk $\lambda = 2126$ bis $\lambda = 1999$ lieferte die Hartmann'sche Formel durch Einsetzen der Werte λ_1, λ_2, λ_3, s_1, s_2, s_3 etc.

$$\lambda = 803\cdot00 + \frac{475980}{s + 309\cdot750},$$

für den Bezirk 1999 bis 1862 und denselben Nullpunkt der Skala die Formel

$$\lambda = 874\cdot72 + \frac{422456}{s + 287\cdot529}.$$

Die Genauigkeit der nach dieser Formel berechneten Wellenlängen im prismatischen Spectrum war ± 0·06 bis (im schlimmsten Falle) ± 0·10 Angström'sche Einheiten, somit genügt sie den Anforderungen der praktischen Spectroskopie.

Die nachstehenden Tabellen enthalten unsere Neubestimmungen der wichtigsten Standards des ultravioletten Spectrums von Eisen, Kupfer, Aluminium, Gold, Zink, Cadmium, Blei Thallium und Antimon.

---

[1]) Bei späteren Messungen genügt es, wenigstens zur sicheren Identificierung aller Linien, wenn man vom ganzen Spectrum auch nur die Wellenlänge einer einzigen Linie kennt; man bestimmt hieraus nur s_0, während λ_0 und c aus den anderen Aufnahmen bekannt sind.

I. Standards im Funkenspectrum des Eisens von λ = 3002 bis λ = 2280.

Funkenspectrum von Eder und Valenta, bezogen auf Rowland's Standards						
3002·796 [1]	2883·825	2767·630 [3]	2692·721 [1]	2599·494 [3]	2493·30 [2]	2375·318
2994·547 [3]	2873·519 [1]	2747·077 [3]	2689·30	2598·460 [3]	2454·62 [1]	2373·844 [3]
2985·674 [1]	2872·504 [1]	2746·590 [3]	2684·871 [1]	2585·963 [3]	2439·37 [1]	2364·91
2984·965 [2]	2835·840 [1]	2743·311 [2]	2666·745 [5]	2582·673 [3]	2413·39 [3]	2338·108
2973·315 [4]	2823·418 [4]	2720·99 [4]	2664·770 [1]	2563·569 [3]	2406·743 [3]	2332·880 [3]
2967·016 [4]	2794·016 [1]	2706·684 [3]	2628·387 [3]	2534·47 [4]	2399·328 [3]	2327·484 [3]
2937·020 [3]	2788·236 [4]	2704·112 [1]	2611·965 [3]	2533·70 [4]	2388·710 [3]	2280·00 [1]
2926·692 [1]						

[1]) Im Funken deutlich und stark, nicht aber im Bogen.
[2]) Im Bogen schwächer als im Funken.
[3]) Sowohl im Bogen als im Funken deutlich.
[4]) Im Bogen stärker als im Funken, jedoch auch in letzterem deutlich und scharf.
[5]) Diese Linie im Funken coïncidiert nicht mit der nahe liegenden *Fe*-Linie des Bogens.

II. Vollständiges Funken- und Bogenspectrum des Kupfers von λ = 2769 bis λ = 1938.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
2769·37	1	verbreitert	2769·89	8	scharf
2768·94	4		—	—	
2766·50	5	umgekehrt	2766·47	2	„
—	—		2763·80	1	„
2751·86	1	verbreitert	2751·33	2	verbreitert
2751·88	4	unscharf	—	—	
—	—		2745·57	6	scharf
—	—		2741·18 }	6	„
—	—		2740·07 }	1	„
—	—		2737·65	3	„
—	—		2734·07	2	verschwommen
—	—		2731·58	2	„
—	—		2729·46	1	„
2724·04	4	sehr unscharf	2724·1	2	„
—	—		2722·00	4	scharf
—	—		2719·01	6	verschwommen
2715·67	4	„	—	—	
—	—		2713·77	8	ziemlich scharf
—	—		2703·45	9	scharf
—	—		2701·30	10	„
—	—		2698·54	1	ziemlich scharf
2696·83	1	verbreitert	2696·61	2	„
—	—		2689·58	10	scharf
2687·85	1	„	—	—	
2681·16	1	„	2680·0	1	verschwommen
2676·59	2	„	—	—	
2672·24	2	„	—	—	
—	—		2666·59	6	scharf
—	—		2658·7	1	verschwommen
2651·78	2	sehr unscharf	—	—	
2649·93	2	„	2649·9	1	„
2645·45	2	„	—	—	
—	—		2644·06	5	ziemlich scharf
—	—		2641·70	2	„
2635·02	4	„	2635·1	1	verschwommen
2630·15	4	„	2630·67	1	„
2627·49	2	„	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkuug
—	—		2624·4	1	unscharf
2618·46	10	umgekehrt	2618·47	8	scharf
—	—		2609·42	7	„
2605·08	1	sehr unscharf	—	—	
—	—		2600·53	10	„
—	—		2599·13	8	„
—	—		2592·9	1	verschwommen
—	—		2590·79	5	scharf
—	—		2587·63	1	verschwommen
—	—		2586·70	1	„
—	—		2584·0	1	unsicher
—	—		2581·37	1	scharf
2580·52	2	sehr unscharf	2580·36	1	„
2579·40	2		—	—	
—	—		2578·46	1	verschwommen
—	—		2577·91	1	„
—	—		2576·95	1	„
—	—		2576·10	1	„
—	—		2575·30	2	scharf
—	—		2573·52	3	„
—	—		2572·00	4	„
—	—		2571·99	5	verschwommen
—	—		2571·14	2	„
2570·76	2	verbreitert	—	—	
2569·99	2	sehr unscharf	2569·80	1	„
2567·17	1	verbreitert	2566·52	5	ziemlich scharf
—	—		2564·35	1	„
2563·54	2	verbreitert nach Roth	2563·1	1	„
—	—		2561·5	1	verschwommen
—	—		2557·4	1	„
—	—		2554·47	2	scharf
2553·38	1	verbreitert nach Roth	2553·28	2	stark verbreitert
—	—		2552·90	1	unscharf
—	—		2552·1	1	„
—	—		2550·48	2	verbreitert
2547·67	2	„	—	—	
—	—		2545·09	10	scharf
—	—		2538·83	4	ziemlich scharf
—	—		2535·47	4	„
—	—		2533·8	1	unscharf
—	—		2532·99	2	„
—	—		2532·20	2	„
—	—		2529·61	8	ziemlich scharf
—	—		2526·84	5	scharf
—	—		2525·16	3	ziemlich scharf
—	—		2523·23	4	„
—	—		2522·45	4	„
—	—		2521·19	2	„
—	—		5519·02	2	„
—	—		2518·54	3	„
—	—		2517·03	2	„
—	—		2516·55	2	„
—	—		2514·87	1	„
—	—		2513·22	5	„
—	—		2511·46	5	scharf
—	—		2510·95	1	„
—	—		2508·68	5	verbreitert
—	—		2506·51	10	scharf
—	—		2504·84	1	verbreitert

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		2503·62	1	unscharf
—	—		2503·1	1	„
—	—		2500·87	2	sehr verschwommen
—	—		2497·69	3	scharf
—	—		2496·12	4	verbreitert
2494·97	2		—	—	
—	—		2493·6	1	verschwommen
2492·22	5	umgekehrt	2492·21	6	scharf
—	—		2489·72	8	„
—	—		2486·57	4	verbreitert
—	—		2485·99	4	„
—	—		2482·37	5	scharf
—	—		2481·2	6	ziemlich scharf
—	—		2479·8	1	„
—	—		2478·36	3	verschwommen
—	—		2475·44	1	„
—	—		2475·19	1	„
—	—		2473·50	3	ziemlich scharf
—	—		2468·60	8	„
—	—		2465·97	4	unscharf
—	—		2464·93	2	„
—	—		2463·10	2	„
2460·98	2	verbreitert	2462·11	3	„
—	—		2460·49	1	sehr verschwommen
—	—		2459·4	1	„
2458·97	2		2458·85	4	„
—	—		2457·9	1	verschwommen
—	—		2453·16	5	ziemlich scharf
—	—		2451·9	1	
—	—		2449·5	1	
—	—		2447·62	2	verschwommen
—	—		2446·82	2	„
—	—		2445·52	2	„
—	—		2444·54	5	scharf
—	—		2443·55	2	verschwommen
—	—		2442·78	2	„
2441·72	3	umgekehrt	2441·73	6	scharf
—	—		2440·29	3	verbreitert
—	—		2438·01	4	scharf
—	—		2436·02	5	ziemlich scharf
—	—		2433·68	3	„
—	—		2430·64	4	stark verbreitert
—	—		2429·18	2	verschwommen
—	—		2428·37	3	„
—	—		2424·69	6	scharf
—	—		2422·03	3	„
—	—		2420·0	1	verschwommen
—	—		2418·5	1	„
—	—		2416·26	5	scharf
—	—		2414·9	1	verschwommen
—	—		2414·3	2	ziemlich scharf
—	—		2413·2	1	„
—	—		2412·46 }	5	scharf
—	—		2412·23 }	4	„
—	—		2408·6	1	verschwommen
2406·82	8	verbreitert nach Roth	2406·80	1	scharf
—	—		2405·63	1	„
—	—		2403·58	8	verbreitert

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
2400·18	4		2400·23	6	scharf
—	—		2394·62	2	„
2392·71	8	umgekehrt, verbreitert nach Roth	2392·76	4	„
—	—		2391·83	3	„
—	—		2385·18	2	verbreitert
—	—		2376·51	5	„
—	—		2370·95	4	ziemlich scharf
2367·97	5		2369·95	10	scharf, Hauptlinie
—	—		2368·28	5	ziemlich scharf
—	—		2364·24	1	verschwommen
2363·28	1		2363·34	1	„
—	—		2362·8	1	„
—	—		2361·68	1	„
2356·68	4		2356·70	6	scharf
—	—		2355·24	4	verschwommen
—	—		2348·90	3	„
—	—		2346·23	2	ziemlich scharf
2345·59	2		2345·52}	1	verschwommen
—	—		2345·34}	1	„
—	—		2341·28	2	scharf
—	—		2339·1	1	verschwommen
—	—		2336·31	4	scharf
—	—		2324·64	1	verschwommen
—	—		2323·14	1	„
—	—		2320·38	2	ziemlich scharf
2319·70	4	verbreitert	2319·7	1	„
—	—		2316·08	2	„
—	—		2315·3	1	„
—	—		2312·46	1	„
—	—		2309·74	2	„
2303·18	7		2303·18	4	scharf
—	—		2300·51	1	„
—	—		2299·67	2	„
—	—		2298·40	1	„
—	—		2296·92	1	„
2294·44	2		2294·44	6	„
2293·92	10	umgekehrt	2293·98	3	ziemlich scharf
—	—		2292·74	1	
—	—		2291·16	4	
2288·19	4		2288·20	$^1/_2$	
—	—		2286·79	4	„
2282·20	1	verbreitert	—	—	
—	—		2280·92	1	„
—	—		2278·48	2	„
2276·30	4		2276·30	6	„
—	—		2274·9	1	„
—	—		2265·50	2	„
2263·20	5		2263·89	3	verbreitert
—	—		2263·27	2	
2260·58	4		2260·58	2	
—	—		2255·12	2	verbreitert
—	—		2252·00	1	„
—	—		2249·13	3	„
2247·08	4	verbreitert	2247·08	7	„
2244·36	1		2244·29	1	„
2242·68	4		2242·68	7	gut
2240·89	1	„	—	—	
2238·52	2	umgekehrt	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
2236·40	1	umgekehrt	—	—	
—	—		2231·74	1	
2230·16	8	„	2231·14	2	scharf
—	—		2230·18	3	verbreitert
2228·95	4	„	2228·94	4	gut
2227·85	2	„	2227·85	2	unscharf
—	—		2226·94	3	„
2225·77	5	„	2225·77	2	ziemlich scharf
—	—		2224·90	2	„
2218·21	2	„	2218·18	6	„
2215·78	5	„	2215·38	3	„
2214·68	8	„	2214·80	3	„
—	—		2212·89	1	„
2210·35	2	„	2210·35	5	„
—	—		2209·95	1	„
—	—		2200·60	1	„
2199·77	8	„	2199·76	3	„
—	—		2195·87	3	„
2192·35	2	verbreitert	2192·36	5	„
2189·69	2	umgekehrt	2189·69	5	„
—	—		2183·0	1	„
2181·80	4	„	2181·78	1	„
2179·41	4	„	2179·45	5	scharf
2178·97	3	„	2179·10	1	
—	—		2175·14	3	„
2171·88	1	„	—	—	
2169·49	1	„	—	—	
2165·20	4	„	2165·14	1	ziemlich scharf
—	—		2161·44	1	„
—	—		2157·29	2	scharf
—	—		2151·95	3	„
2149·05	2		2149·05	4	„
—	—		2147·06	2	verschwommen
—	—		2145·64	2	„
—	—		2144·9	1	„
2136·05	2		2136·05	3	scharf
—	—		2134·51	2	„
—	—		2130·20	1	undeutlich
2126·11	2		2126·09	3	scharf
—	—		2125·26	2	„
2123·06	2		2123·06	3	„
—	—		2117·44	2	„
2112·19	1		2112·19	2	„
2104·88	4		2104·88	2	„
—	—		2098·51	2	verbreitert
—	—		2093·78	1	scharf
—	—		2088·12	2	„
2085·40	1		2085·39	3	„
—	—		2078·83	2	„
—	—		2070·4	1	undeutlich
2068·45	1		—	—	
—	—		2066·82	1	verschwommen
—	—		2062·58	1	„
2061·77	1		—	—	
2055·08	1		2055·05	2	scharf
2043·73	1		2043·84[1]	2	„
2037·28	1		2037·24	2	„

[1]) In der Heliogravure-Tafel ist richtig zu lesen 2043 statt 2045.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
2035·90	1		2036·93	2	scharf
—	—		2031·08	2	verbreitert
2025·14	2	umgekehrt	2025·53	2	scharf
2016·76	1		2016·85	2	„
—	—		2016·0	2	„
2015·53	1		2015·69	1	„
2013·53	1		2013·19	1	verschwommen
2003·50	1		—	—	
1999·68	1		1999·71	2	ziemlich scharf
1995·16	1		—	—	
1989·24	1		1989·20	2	
1979·26	1		1979·27	2	
1971·99	—		—	—	
—	—		1970·00	1	von da ab mit dem Quarzspectrographen bestimmt
1956·83	1		—	—	
1943·88	1		1944·11	2	
—	—		1938·35	1	schwach, in der Umgebung einige schwache Linien

III. Funken- und Bogenspectrum des Aluminiums von λ = 1989 bis λ = 1854.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
1989·90	—		1989·90	8	
1635·29	—		1935·29	7	
—	—		1930·41	2	scharf, neu
1862·20	—		1862·20	4	
—	—		1857·56	1	„
1854·09	—		1854·09	3	

IV. Vollständiges Funken- und Bogenspectrum des Goldes von λ = 2913 bis λ = 1816.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
2913·63	4		2913·63	10	scharf, Hauptlinie
—	—		2907·18	5	scharf
2905·98	3		2906·07	3	verbreitert
—	—	verbreitert	2893·51	5	ziemlich scharf
2892·07	4		2892·05	3	„
—	—		2885·68	3	scharf
2883·55	4		2883·59	4	„
—	—		2864·63	1	verschwommen
—	—		2860·80	1	„
—	—		2857·04	3	verbreitert
—	—		2852·65	2	„
—	—		2852·30	1	undeutlich
—	—		2847·23	5	ziemlich scharf
—	—		2838·16	7	„
—	—		2835·55	2	scharf

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		2833·16	2	scharf
—	—		2825·56	6	sehr scharf
—	—		2822·87	5	ziemlich scharf
—	—		2820·11	10	verbreitert
—	—		2805·44	2	ziemlich scharf
—	—		2802·35	10	scharf
—	—		2795·63	3	„
—	—		2780·93	3	„
2748·35	4	umgekehrt	2748·35	5	„
—	—		2745·80	1	„
—	—		2743·27	1	„
—	—		2732·14	2	„
—	—		2721·96	2	„
—	—		2703·44	2	„
2701·03	4		2700·01	3	„
—	—		2699·4	1	verschwommen
—	—		2697·8	1	ziemlich scharf
2694·40	1	verbreitert	2694·40	2	„
—	—		2690·5	1	verschwommen
2688·86	4		2688·80	4	scharf
—	—		2688·26	2	„
—	—		2687·73	4	„
—	—		2686·0	1	verschwommen
—	—		2682·3	1	„
2676·05	10	umgekehrt	2676·08	8	scharf, Hauptlinie
—	—		2672·3	1	schwach
—	—		2670·7	1	„
—	—		2667·09	2	scharf
—	—		2665·28	3	„
—	—		2651·2	1	„
—	—		2645·5	2	verbreitert
—	—		2641·65	8	scharf
—	—		2635·4	1	unsicher
—	—		2634·4	1	„
—	—		2631·7	1	„
—	—		2627·14	4	scharf
—	—		2625·60	3	„
—	—		2624·2	2	stark verbreitert, unsicher
—	—		2622·0	2	unsicher
—	—		2617·58	2	scharf
—	—		2616·69	4	verschwommen
—	—		2612·8	1	unsicher
—	—		2611·9	1	„
—	—		2610·36	1	„
—	—		2609·61	2	verbreitert
—	—		2607·4	1	undeutlich
—	—		2605·0	1	„
—	—		2599·5	2	scharf
—	—		2592·18	3	„
2590·19	4		2590·18	6	„
—	—		2583·5	2	unscharf
—	—		2580·1	1	unsicher
—	—		2579·4	1	„
—	—		2577·7	1	undeutlich
—	—		2575·3	1	„
—	—		2571·4	2	„
—	—		2568·3	1	„
—	—		2565·80	5	scharf

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		2562·7	2	ziemlich scharf
—	—		2561·9	1	unsicher
—	—		2558·0	2	verschwommen
—	—		2552·92	3	scharf
—	—		2550·28	3	"
2544·30	4		2544·29	5	"
—	—		2538·07	4	"
—	—		2537·0	2	"
—	—		2535·92	3	"
—	—		2533·70	6	"
—	—		2528·2	2	"
—	—		2522·8	2	sehr unscharf
—	—		2520·7	2	ziemlich scharf
—	—		2517·2	2	unscharf
—	—		2515·15	3	scharf
—	—		2511·7	1	unsicher
2510·56	4		2510·59	5	scharf
—	—		2506·35	2	"
—	—		2503·37	8	"
—	—		2495·3	1	"
—	—		2492·74	3	verbreitert
—	—		2491·58	1	scharf
—	—		2490·49	2	"
—	—		2488·3	2	"
—	—		2483·4	2	unscharf
—	—		2480·35	4	scharf
—	—		2478·59	1	"
—	—		2477·76	1	"
—	—		2476·2	3	stark verbreitert
—	—		2473·84	1	schwach
—	—		2468·06	3	stark verbreitert
—	—		2458·15	3	scharf
—	—		2456·55	2	verbreitert
—	—		2455·34	2	"
—	—		2452·79	2	"
—	—		2447·94	2	ziemlich scharf
—	—		2446·61	1	undeutlich
—	—		2445·6	4	verbreitert
—	—		2444·3	1	"
—	—		2442·47	2	"
—	—		2437·83	3	scharf
—	—		2434·5	1	verschwommen
—	—		2433·67	2	scharf
—	—		2433·3	2	"
2428·06	10	umgekehrt	2428·06	10	Hauptlinie
—	—		2423·8	2	
—	—		2419·41	1	verschwommen
—	—		2419·1	1	erscheint bei schwachem Strome als einfache verschwommene Bande
—	—		2417·4	2	
—	—		2416·68	2	
—	—		2414·36	1	verschwommen
—	—		2413·27	3	scharf
—	—		2411·40	2	"
—	—		2410·7	1	
—	—		2408·89	2	verschwommen
—	—		2407·42	2	"
—	—		2405·20 }	3	ziemlich scharf
—	—		2404·97 }	3	"

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		2402·80	4	ziemlich scharf
—	—		2401·63	2	"
—	—		2400·2	1	coïncidiert mit einer Cu-Linie
—	—		2399·3	1	
—	—		2395·7	1	
—	—		2393·62	3	scharf
—	—		2391·7	1	undeutlich
—	—		2388·26	5	scharf
2387·85	4		2387·82	4	"
—	—		2384·29	2	"
—	—		2382·50	4	etwas verbreitert
—	—		2380·5	1	undeutlich
—	—		2379·3	1	scharf
—	—		2377·2	1	"
—	—		2376·35	5	"
—	—		2373·20	2	unscharf
—	—		2371·69	4	ziemlich scharf
—	—		2369·40	4	unscharf
—	—		2365·01 }	6	Hauptlinie [1])
2364·69	—		2364·68 }	3	
—	—		2359·1	1	unscharf
—	—		2357·9	1	"
—	—		2355·53	2	scharf
2352·75	4		2352·67	6	"
—	—		2351·59	3	"
—	—		2348·2	1	"
—	—		2347·10	2	"
—	—		2344·25	2	"
—	—		2343·6	2	"
—	—		2342·81	1	"
—	—		2341·5	1	"
—	—		2340·27	8	stark verbreitert
—	—		2334·20	2	verbreitert
—	—		2331·45	2	scharf
—	—		2331·20	4	"
—	—		2330·7	1	
—	—		2326·7	1	verschwommen
—	—		2325·77	3	scharf
—	—		2325·34	2	"
—	—		2324·7	1	"
—	—		2322·34	8	"
—	—		2321·4	1	"
—	—		2320·35	2	"
—	—		2318·28	2	"
—	—		2317·5	1	"
—	—		2315·94	7	"
—	—		2314·73	7	"
—	—		2312·2	2	"
—	—		2309·54	6	"
—	—		2308·2	1	"
—	—		2304·89	8	dick verbreitert
—	—		2301·1	1	
—	—		2300·4	1	scharf
—	—		2298·3	1	verschwommen
—	—		2296·9	2	scharf
—	—		2295·18	3	"
—	—		2294·08	2	verbreitert

[1]) Verschwimmt bei geringer Dispersion leicht zu einer scheinbar einfachen, starken Linie.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
—	—		2291·59	6	verbreitert
—	—		2288·70	2	scharf
—	—		2287·79	3	verschwommen
—	—		2286·7	1	undeutlich
2283·42	4		2283·37	6	scharf
—	—		2282·95	3	verschwommen
—	—		2279·42	2	„
—	—		2277·62	4	„
—	—		2273·2	1	scharf
—	—		2270·3	3	„
—	—		2267·03	2	„
—	—		2266·20	3	verbreitert
—	—		2265·3	1	verschwommen
—	—		2263·75	3	„
—	—		2262·68	4	„
—	—		2261·32	2	„
—	—		2260·36	2	„
—	—		2255·90	2	„
—	—		2255·00	1	„
—	—		2253·44	3	scharf
—	—		2248·70	2	sehr verschwommen
—	—		2246·76	3	verschwommen
—	—		2243·6	1	„
—	—		2242·71	6	scharf
—	—		2240·36	4	verschwommen
—	—		2237·56	2	„
—	—		2233·75	3	„
—	—		2231·37	4	„
—	—		2229·09	6	„
—	—		2222·64	2	„
—	—		2220·64	3	scharf
—	—		2219·4	2	„
—	—		2215·85	3	verschwommen
—	—		2213·20	4	scharf
—	—		2210·64	3	„
—	—		2210·30	1	scharf
—	—		2205·92	3	„
—	—		2201·35	5	„
—	—		2193·7	1	„
—	—		2192·7	1	„
—	—		2190·7	1	„
—	—		2188·97	5	„
—	—		2186·9	2	„
—	—		2185·7	2	„
—	—		2184·15	2	„
—	—		2172·26	3	„
—	—		2167·5	2	„
—	—		2160·7	2	verschwommen
—	—		2159·2	2	„
—	—		2157·18	3	„
—	—		2154·4	2	„
—	—		2140·5	1	undeutlich
—	—		2137·95	2	verbreitert
—	—		2133·4	1	„
—	—		2129·03	1	scharf
—	—		2126·8	2	„
—	—		2125·28	5	„
—	—		2113·7	1	„

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		2110·74	9	scharf, Hauptlinie
—	—		2098·8	1	undeutlich
—	—		2098·2	1	scharf
—	—		2095·0	1	undeutlich
—	—		2085·4	1	
—	—		2083·1	1	scharf
—	—		2082·10	8	„
—	—		2071·7	1	
—	—		2064·0	1	
—	—		2059·9	1	
—	—		2056·6	1	
—	—		2055·4	1	
—	—		2044·65	5	scharf
—	—		2012·10	1	unscharf
—	—		2000·77	3	scharf
—	—		1988·99	1	ziemlich scharf
—	—		1977·59	1	Von da ab mittelst des Quarzspectrographen durch lange Belichtung nachgewiesen
—	—		1972·66	1	
—	—		1955·64	1	
—	—		1951·59	3	
—	—		1948·48	1	
—	—		1946·41	1	
—	—		1944·35	1	
—	—		1935·13	1	verbreitert
—	—		1931·74	3	
—	—		1925·19	2	
—	—		1921·38	8	
—	—		1919·39	6	
—	—		1918·04	1	
—	—		1904·41	1	
—	—		1890·25	2	
—	—		1886·85	2	
—	—		1879·72	1	
—	—		1861·68	2	

V. Vollständiges Funken- und Bogenspectrum des Zink von λ = 2781 bis λ = 1918.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
2781·33	4	unscharf nach Violett	2782·05	3	verwaschen
2771·05	5	umgekehrt	2771·02	10	verbreitert nach Roth
2770·94	8	„	—	—	
2756·63	5	„	2756·58	6	verwaschen nach Roth
2751·49	2	unscharf nach Violett	2752·58	3	umgekehrt
2736·96	2	verbreitert	—	—	
2712·60	8	verbreitert nach Roth	2712·60	4	verbreitert nach Roth
2706·64	5		—	—	
2697·54	2	„	—	—	
2684·29	8	„	2684·32	3	verbreitert, unscharf
2670·67	5	„	2670·74	2	
2663·25	8		—	—	
—	—		2658·27	5	ziemlich stark verbreitert
—	—		2627·12	1/2	?

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
2623·87	1	sehr unscharf	—	—	
2608·65	8	umgekehrt	2608·75	4	verschwommen, stark verbreitert
2601·03	2	sehr unscharf	—	—	
2582·57	8	umgekehrt	2582·63	1	
2577·34	4		—	—	
—	—		2576·07	1	
2575·15	2	sehr unscharf	—	—	
—	—		2571·75	2	
2570·00	5	umgekehrt	2570·79	4	
2567·99	5	unscharf nach Roth	—	—	
2562·70	2	sehr unscharf	—	—	
2558·03	8		2558·20	10	
2542·53	5	verbreitert nach Roth	2544·50	2	
2530·34	2	„	—	—	
—	—		2527·29	3	
—	—		2522·29	2	
2516·00	5	sehr unscharf	2515·85	3	verschwommen verbreitert
—	—		2509·21	3	
2502·11	4		2502·20	10	
2493·67	4	unscharf	2492·21	2	
2401·67	5	„	2491·41	2	
—	—		2490·92	1	
—	—		2488·87	1	
—	—		2487·08	3	
—	—		2486·29	1	
—	—		2484·69	1/2	
2479·85	4	verbreitert nach Roth	2480·30	3	
—	—		2478·60	3	
—	—		2473·52	1	
2469·72	2	„	—	—	
—	—		2467·23	3	verwaschen
2463·47	4	sehr unscharf	2463·54	—	
—	—		2462·07	1	
—	—		2460·32	1/2	
2457·72	1	unscharf nach Roth	—	—	
2449·76	1		2450·48	2	„
—	—		2445·61	3	
—	—		2442·18	4	„
2439·94	4	sehr unscharf	2438·43	2	
—	—		2437·77	1/2	
—	—		2434·48	1	
—	—		2433·73	1	
2430·74	1	unscharf	—	—	
2427·05	1	„	2427·22	5	
—	—		2423·54	2	
—	—		2418·95	4	
2415·54	1	sehr unscharf	—	—	
2407·98	1	„	2408·77	2	verbreitert
—	—		2405·23	1/2	
—	—		2404·91	1	
2393·88	8		—	—	
—	—		2390·24	2	scharf
—	—		2384·34	1/2	
—	—		2346·80	1	„
—	—		2317·53	1/2	
—	—		2313·95	1/2	
—	—		2308·08	1/2	
—	—		2307·90	1/2	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		2300·60	1/2	
—	—		2296·90	2	
—	—		2288·08	2	
—	—		2265·40	2	
—	—		2265·08	3	
—	—		2252·87	1	
2246·90	5		—	—	
—	—		2210·35	1	
—	—		2203·70	1	
—	—		2144·51	1	ziemlich deutlich
2138·3	—		2138·66	4	umgekehrt
—	—		2122·94	2	scharf im Quarz (im Gitter 2122·85, $i=2$)
—	—		2104·51	5	scharf im Quarz (im Gitter 2104·51, $i=2$)
—	—		2102·35	6	scharf im Quarz (im Gitter 2102·36, $i=2$)
—	—		2100·06	8	verbreitert im Quarz (im Gitter 2100·13, $i=2$)
—	—		2096·99	3	scharf im Quarz (im Gitter 2097·03 $i=2$)
—	—		2087·14	4	scharf im Quarz (im Gitter 2087·14 $i=2$)
—	—		2079·17	4	ziemlich scharf im Quarz (im Gitter 2079·29 $i=1$)
—	—		2070·18	3	verbreitert im Quarz
—	—		2064·32	6	" (im Gitter 2064·32, $i=1/2$)
—	—		2062·08 [1]	7	umgekehrt im Quarz (im Gitter 2062·08, $i=1$)
—	—		2040·99	1	verbreitert im Quarz
—	—		2039·4	1	scharf im Quarz
—	—		2025·51 [2]	8	umgekehrt (im Gitter 2025·51, $i=2$)
—	—		2011·79	2	ziemlich scharf im Quarz
—	—		1986·3	1	"
—	—		1981·45	2	"
—	—		1968·7 [1]	3	"
—	—		1952·3	1	"
—	—		1918·35	2	"

[1]) In der Heliogravure-Tafel II ist zu lesen: 2062 statt 2061 und 1968 statt 1967. Linie 1941 der Tafel ist zu streichen.
[2]) Findet sich auch im Kupfer und Cadmium als nicht umgekehrte Linie.

VI. Vollständiges Funken- und Bogenspectrum des Cadmiums λ = 3545 bis λ = 1856.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		3545·255	1	
—	—		3535·820	8	
—	—		3526·310	1	
3500·1	4	verbreitert nach Roth	3500·131	4	
—	—		3497·097	1/2	
—	—		3494·036	4	
—	—		3486·155	2	
—	—		3481·860	5	verbreitert
3467·8	8	umgekehrt	3467·77	10	
3466·3	10	"	3466·35	10	
—	—		3460·114	3	ziemlich scharf
—	—		3423·670	1	
—	—		3412·621	4	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
3403·7	10	umgekehrt	3403·77	10	
—	—		3397·910	2	
—	—		3397·277	2	verbreitert
—	—		3395·570	1	
—	—		3394·681	2	
—	—		3389·865	2	
—	—		3385·490	4	verbreitert
—	—		3359·878	—	„
3299·1	4		3299·115	4	sehr verbreitert
—	—		3286·099	3	nach Roth verbreitert
—	—		3283·947	5	verbreitert
—	—		3282·427	1	„
—	—		3277·110	2	
—	—		3274·101	2	
—	—		3269·900	3	ziemlich scharf
—	—		3264·589	3	beiderseits verbreitert
—	—		3263·451	1/2	
3261·2	10	umgekehrt	3261·186	8	
—	—		3259·122	2	
—	—		3256·691	2	
3252·1	8	verbreitert nach Roth	3252·689	8	stark verbreitert
—	—		3250·432	8	
—	—		3248·452	2	ziemlich scharf
—	—		3247·699	3	„
—	—		3246·165	2	„
—	—		3241·785	3	
—	—		3236·777	2	bandartig verbreitert
—	—		3231·776	2	verbreitert
—	—		3230·184	1	
—	—		3224·339	3	
—	—		3221·605	3	
—	—		3217·885	4	
—	—		3216·076	4	verbreitert
—	—		3213·845	1	
—	—		3212·927	1	
—	—		3210·364	4	verbreitert
—	—		3209·412	1	„
—	—		3201·970	3	ganz verschwommen
—	—		3197·936	4	
—	—		3196·590	2	
—	—		3195·987	2	unscharf
—	—		3185·635	6	scharf
—	—		3183·043	3	verbreitert
—	—		3178·594	2	verschwommen
—	—		3176·902	2	verbreitert
—	—		3174·528	—	„
—	—		3173·679	5	verbreitert
—	—		3163·236	1	stark verbreitert
—	—		3161·896	6	„
—	—		3160·955	3	„
—	—		3157·214	6	
—	—		3156·014	1	
—	—		3153·412	1	verbreitert
—	—		3146·941	—	
—	—		3141·739	3	
3133·3	8	unscharf nach Roth	3133·351	8	nach Roth verbreitert
—	—		3129·359	7	beiderseitig verbreitert
—	—		3127·794	1	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
—	—		3124·490	4	
—	—		3121·888	5	beiderseitig verbreitert
—	—		3118·976	6	
—	—		3113·056	4	
—	—		3095·566	8	verbreitert nach Roth
—	—		3092·319	3	
—	—		3091·024	1/2	
—	—		3089·235	2	
—	—		3088·540	3	
—	—		3084·984	—	nach Roth verbreitert
—	—		3082·801	2	stark verbreitert
3081·0	6	unscharf nach Roth	3081·000	5	nach Roth verbreitert
—	—		3077·239	3	
—	—		3073·945	2	verschwommen
—	—		3068·933	4	nach Roth verbreitert
—	—		3065·082	6	ziemlich scharf
—	—		3059·332	6	verbreitert
—	—		3053·206	4	„
—	—		3048·900	5	verschwommen
—	—		3047·204	2	„
—	—		3035·856	3	scharf
—	—		3025·281	1	
—	—		3017·368	4	verbreitert
—	—		3014·411	3	„
—	—		3011·324	1	
—	—		3009·107	2	stark verbreitert
—	—		3007·311	1	unsicher, verschwommen
3005·5	1	unscharf nach Roth	3004·065	1	bandartig verbreitert
—	—		2996·457	1	
—	—		2996·170	3	
—	—		2987·340	4	verbreitert
2981·5	4	umgekehrt	2981·495	2	
2980·8	8	„	2980·790	10	
—	—		2971·265	1	undeutlich
—	—		2964·5	1	
2961·6	4	unscharf nach Violett	2961·6	2	
—	—		2951·875	2	verbreitert
—	—		2948·217	4	„
—	—		2926·66	1/2	undeutlich
2908·9	9	unscharf nach Roth	2910·899	4	verbreitert
2903·2	1	„	—	—	
—	—		2893·820	3	
2881·3	4	umgekehrt	2881·350	2	bandartig verbreitert
2880·9	8	„	2880·892	8	
2868·4	6	verbreitert nach Roth	2868·397	4	verbreitert nach Roth
2862·4	4	verbreitert nach Violett	2862·0	2	
2837·0	8	umgekehrt	2837·041	8	stark verbreitert
—	—		2834·192	2	verschwommen
—	—		2833·174	4	
—	—		2823·9	1	
2818·7	2	verbreitert nach Violett	2818·5	1	
—	—		2805·661	2	verbreitert
—	—		2802·771	2	
—	—		2802·074	4	
—	—		2795·616	2	
—	—		2780·1	1	
2775·1	6	verbreitert nach Roth	2775·046	4	einfach verbreitert
—	—		2771·75	1/2	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		2767·074	3	scharf
2764·3	2	umgekehrt	2764·072	4	stark verbreitert
2764·0	6	„	—	—	
2756·7	2	verbreitert nach Roth	2757·1	—	
2748·7	2		2748·68	10	
2734·0	4	„	2734·08	3	beiderseitig verbreitert
—	—		2727·17	1	verbreitert
2712·7	5		2712·72	1	unscharf
—	—		2707·14	3	
2677·7	8	sehr unscharf	2677·74	4	verbreitert
2670·8	2		2671·0	2	
—	—		2668·36	2	
2660·5	4	verbreitert nach Roth	2661·00	1/2	undeutlich
2657·1	2	„	—	—	
2654·7	1	sehr unscharf	—	—	
2639·6	6	umgekehrt	2639·59	—	„
2632·3	2	unscharf nach Roth	2633·1	1	
2629·2	4	„	2629·5	1/2	„
—	—		2618·97	3	
2602·0	2	sehr unscharf	2602·0	1	
2592·1	2	unscharf nach Roth	2592·3	1	
—	—		2586·95	2	verschwommen
2582·9	1	„	—	—	
2580·3	2	sehr unscharf	2580·5	1	
2573·1	4		2573·15	10	
—	—		2559·41	3	verbreitert
—	—		2558·14	3	ziemlich scharf
2553·6	4	unscharf nach Roth	2552·27	4	sehr verbreitert
—	—		2546·5	1	
2544·8	2	„	2544·9	1	
2525·6	1	sehr unscharf	—	—	
2521·7	1	„	—	—	
2507·9	1	„	—	—	
—	—		2502·33	1	verbreitert
—	—		2499·92	2	„
—	—		2495·5	1	undeutlich
—	—		2488·05	4	
—	—		2478·67	4	scharf
2474·2	1	sehr unscharf	—	—	
—	—		2469·85	5	„
—	—		2445·67	3	verbreitert
—	—		2433·4	1/2	verschwommen
—	—		2426·6	1	
—	—		2423·9	1	
—	—		2418·82	3	scharf
—	—		2382·16	1	
—	—		2376·94	2	„
—	—		2374·9	1	undeutlich
—	—		2355·4	1	
—	—		2350·5	1	
—	—		2343·5	1	
—	—		2333·2	1	
2329·4	8	umgekehrt	2329·380	6	scharf
2321·2	1		2321·246	7	ziemlich scharf
2313·0	4		2312·88	10	„
2306·72	4	„	2306·72	4	
—	—		2306·71	4	scharf
2288·10	10	breit umgekehrt	2288·124	8	umgekehrt

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
2267·53	4	breit, umgekehrt	2267·52	3	scharf
2265·13	4	"	2265·042	8	umgekehrt
2262·36	1		—	—	
—	—		2248·94	1	
2239·93	6	"	2239·94	4	etwas verbreitert
—	—		2228·1	1	
—	—		2224·48	2	
—	—		2203·64	2	
2194·67	1		2194·71	5	verbreitert
—	—		2188·1	1	undeutlich
—	—		2183·1	1	"
—	—		2168·81	1	
2144·45	4	umgekehrt	2144·44	8	umgekehrt
—	—		2123·45	½	undeutlich
—	—		2116·5 [1]	½	
—	—		2111·72	2	(im Quarzspectrographen $i = 6$)
—	—		2100·4	3	verbreitert
—	—		2096·1 [1]	3	"
—	—		2064·5 [1]	1	
—	—		2062·06	5	scharf (im Gitter, $i = 2$)
—	—		2055·4 [1]	3	ziemlich scharf
—	—		2025·53 [2]	5	"
—	—		2019·4 [1]	1	verschwommen
—	—		2007·7 [1]	2	verschwommen
—	—		2004·3 [1]	5	
—	—		1995·1 [1]	3	
—	—		1977·1 [1]	2	
—	—		1965·4 [1]	1	
—	—		1942·9 [1]	2	
—	—		1939·2 [1]	4	
—	—		1921·9 [1]	3	
—	—		1901·1 [1]	1	
—	—		1873·8 [1]	5	
—	—		1856·4 [1]	4	

[1] Mit dem Quarzspectrographen durch mehrstündige Belichtung nachgewiesen.
[2] Diese nicht umgekehrte Cd-Linie coïncidiert mit einer umgekehrten Zn-Linie und einer nicht umgekehrten Cu-Linie.

VII. Vollständiges Funken- und Bogenspectrum des Bleies von λ = 2733 bis λ = 2060.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
—	—		2733·5	½	Punkt gemessen
—	—		2717·36	4	bandartig verbreitert
2712·02	2	unscharf nach Roth	2710·18	1	verbreitert
2697·72	5	umgekehrt, sehr unscharf	2697·69	3	
2663·26	5	umgekehrt	2663·27 [1]	8	als nicht umgekehrte Linie Verunreinigung von Cd
2657·16	2		2657·24	2	scharf
2650·77	8	sehr unscharf	2650·71	5	bandartig verbreitert
2628·36	2	umgekehrt	2628·43	4	scharf
2614·26	8	"	2614·29	7	umgekehrt
2613·74	4	"	2613·83	3	
—	—		2600·10	1	

[1] Im metallischen Blei die Mitte einer dickeren Linie gemessen = 2663·38.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
—	—		2591·04	1/2	
2577·35	5	umgekehrt	2577·40	8	verbreitert nach Roth
—	—		2568·52	1	scharf
—	—		2562·44	4	
—	—		2478·72	2	
2476·48	5	„	2476·49	8	
2446·28	5	„	2446·34	5	
—	—		2445·64	2	
2443·92	5	„	2443·94	5	
—	—		2433·70	2	etwas verbreitert
2428·71	5		2428·78	4	
—	—		2424·2	1/2	Punkt gemessen
—	—		2418·6	1/2	„
—	—		2416·0	1/2	„
2411·80	5	„	2411·82	4	
2402·04	5	„	2402·06	6	
2399·69	4	„	2399·71	2	
2393·89	8	„	2393·93	8	etwas verbreitert
2332·54	5	„	2332·53	4	
—	—		2317·39	1/2	
—	—		2300·28	1	
—	—		2296·82	3	scharf
2257·53	1		—	—	
2254·02	4	„	2253·98	2	verbreitert
2247·00	10	„	2246·89	3	„
—	—		2242·54	2	„
2237·52	8		2237·43	3	ziemlich scharf
—	—		2218·17	1	
2203·57	4		2203·68	5	stark bandartig verbreitert
—	—		2192·37	1	
2187·99	2		2189·70	2	
2175·88	5	umgekehrt	—	—	
2170·07	10	„	2169·96	4	bandartig
2115·1	8	„	2115·14	1/2	
2112·0	5		—	—	
2088·5	8	„	2088·60	1/2	
—	—		2060·36	1/2	

VIII. Vollständiges Funken- und Bogenspectrum des Thaliums von λ = 2767 bis λ = 1862.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
2767·97	10	umgekehrt	2768·00	10	
—	—		2740·01	3	umgekehrt, einseitig verbreitert
—	—		2734·08	1	undeutlich
—	—		2718·08	1/2	„
2710·77	4	„	2710·90	4	verbreitert
2709·33	8	„	2709·34	6	umgekehrt
2700·3	2	sehr unscharf	2700·34	2	verschwommen
—	—		2670·97	1	
—	—		2669·90	2	„
2665·67	5	umgekehrt	2665·74	5	verbreitert nach Roth
—	—		2614·22	1	scharf
2609·86	4	„	—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
2609·08	5	umgekehrt	2609·14	2	
2585·68	4	"	2585·90	1	undeutlich
2580·23	8	"	2580·29	6	umgekehrt, verbreitert nach Roth, Umkehrung wahrscheinlich excentrisch
2553·07	2	"	—	—	
2552·63	5	"	—	—	
—	—		2544·33	1	
2538·27	2	"	—	—	
—	—		2530·89	8	stark verbreitert
2517·50	4	"	—	—	
—	—		2513·58	1	
2508·03	1	"	—	—	
2494·00	2	"	—	—	
2487·57	1	"	—	—	
2477·58	1	"	2478·67	4	coïncidiert mit Fe
2472·65	1	"	—	—	
—	—		2469·27	5	
2465·54	1	"	—	—	
2462·01	1	"	—	—	
2456·53	1	"	—	—	
2453·87	1	"	—	—	
—	—		2422·04	8	
2449·57	1	"	—	—	
2447·59	1	"	—	—	
—	—		2445·61	2	
2444·00	1	"	—	—	
2442·24	1	"	—	—	
2439·58	1	"	—	—	
—	—		2433·65	1	verschwommen
2416·78	1	verbreitert nach Roth	—	—	
—	—		2394·72	3	scharf
2379·66	8	umgekehrt	2379·68	10	umgekehrt, sehr gut messbar
—	—		2365·00	3	
2362·16	2	verbreitert nach Violett	2362·30	1/2	sehr verschwommen
—	—		2341·82	1/2	
2316·01	5	umgekehrt	2316·14	4	verbreitert, coïncidiert mit Cu-Linien
—	—		2310·50	1/2	
—	—		2298·25	10	dünn
—	—		2288·07	2	
—	—		2285·95	1	
—	—		2265·05	3	scharf
2237·91	5	"	2237·83	3	umgekehrt
—	—		2230·3	1	sehr verschwommen
—	—		2215·9	1/2	
2219·80	2	"	2210·79	3	
—	—		2209·9	1	verschwommen
2207·13	4	"	2207·21	2	verbreitert
—	—		2203·79	1	
2168·68	4	"	—	—	
2152·08	1	"	—	—	
—	—		2144·50	1	
—	—		2139·44	3	
2129·39	1	umgekehrt	—	—	
—	—		2069·80	1	
—	—		1964·80	1	
—	—		1868·48	1	
—	—		1862·70	1	

IX. Vollständiges Funken- und Bogenspectrum des Antimons von λ = 2806 bis λ = 2098.

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
—	—		2806·80	10	ungenau
2770·04	8	umgekehrt	2769·97	8	scharf
2727·32	4		2727·37	4	
2719·00	4	„	2719·05	6	„
—	—		2706·73	1	„
2692·35	4	„	2692·43	3	„
2682·86	4	„	2682·98	5	
2670·73	5	„	2670·81	5	unscharf
—	—		2669·79	4	verbreitert
—	—		2663·31	1	sehr scharf
—	—		2657·03	1	verschwommen
2652·70	4	„	2652·73	5	
—	—		2617·46	2	verbreitert
2614·74	2		2614·78	1	scharf
—	—		2614·33	2	
2612·40	4		2612·43	5	
2598·16	10		2598·24	8	umgekehrt
—	—		2590·42	5	verbreitert
2574·14	2		2574·24	4	scharf
—	—		2571·64	2	verschwommen
—	—		2567·86	2	scharf
—	—		2565·62	4	verbreitert
2554·72	2		2554·81	1	scharf
—	—		2544·10	3	verschwommen
—	—		2528·68	8	umgekehrt
2528·60	10	„	2528·58	1	
—	—		2520·30	1	
2514·64	1		—	—	
2510·60	1		2510·66	1	
2481·81	1		—	—	
2480·50	2		2480·55	3	
—	—		2478·45	6	
2474·63	2		2474·80	1	scharf
2445·59	4	„	2445·66	6	
—	—		2429·55	1	
2426·44	4	umgekehrt	2426·52	3	sehr scharf
2422·21	4		2422·31	3	„
2395·31	2		2395·35	1	
2383·71	4	„	2383·77	4	
2373·78	5	„	2373·84	3	coïncidiert mit Fl
2360 60	2		2360·58	1	
2352·31	2		—	—	
2329·19	2		—	—	
—	—		2316·02	3	
2311·60	10	„	2311·71 }	6 }	doppelt
—	—		2311·47 }	1 }	
2306·56	8	„	2306·56	3	
—	—		2295·99	1	
2293·54	4		2293·48	3	scharf
2289·09	4		2288·99	2	
2262·55	5		2262·51	3	
—	—		2246·97	1	
2225·06	4		2224·92	3	
2222·10	4		2222·02	1	
2220·85	2		2220·70	3	
2212·54	1		—	—	

Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder und Valenta		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
2208·65	4		2208·48	4	
2207·86	2		—	—	
2203·83	2		2203·59	2	
2207·13	2		—	—	
2201·46	4		2201·36	1	
2179·33	5	umgekehrt	2179·23	4	
2175·99	10	„	2175·90	4	
—	—		2170·13	3	
2159·32	4		—	—	
2159·02	4		—	—	
2145·10	4		2144·99	4	
2141·76	4		2141·76	1	
2139·89	4		2139·75	3	
2137·21	4		—	—	
2127·55	4		—	—	
2117·28	4		2118·57	1	
2098·47	5		2098·47	1	
2079·55	4		—	—	
2068·54	6	„	—	—	

Spectroskopische Untersuchung der Oxy-α-naphtochinonessigsäure[1]).

Von

J. M. Eder.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 17. April 1902.)

«Die von den Herren M. Bamberger und A. Praetorius durch Autoxydation hergestellte Oxy-α-naphtochinonessigsäure wurde von mir spectralanalytisch untersucht und speciell mit dem von Herrn Prof. Liebermann synthetisch erhaltenen Präparate verglichen. Da die freie Säure in ihren hellgelben Lösungen kein charakteristisches Absorptionsspectrum zeigt, so gieng ich zum Kalisalze dieser Verbindung über. Es wurde durch Auflösung von 0·05 *g* der Oxy-α-naphtochinonessigsäure in 24 *cm*³ Ätzkalilösung (1:1000) hergestellt. Diese concentrierte, intensiv orangerothe Lösung wurde mit Wasser verdünnt und auf diese Weise klare orangegelbe Lösungen von der Concentration 1:1000 (das ist 1 *g* Substanz im Gesammtvolumen von 1 *l*), 1:5000 und 1:10.000 hergestellt.

Zunächst wurden die beiden verschiedenen Präparate colorimetrisch in einem Colorimeter nach C. H. Wolf (bezogen von Krüss in Hamburg) untersucht[2]) und keinerlei Unterschied im Färbevermögen constatiert, sondern es zeigte sich Farbengleichheit.

Das Absorptionsspectrum der wässerigen Lösung des oxy-α-naphtochinonessigsauren Kaliums zeigt mässige Absorption im Gelbgrün; die Lichtabsorption steigt gegen Grün und Blaugrün rasch an und ist im Blau und Violett bei einigermassen stärkerer Concentration vollkommen, was mittelst Spectrumphotographie bei Sonnenlicht constatiert wurde.

Da die Lösungen der genannten Substanzen keinerlei charakteristische Absorptionsbänder, sondern nur einseitige Absorption aufweisen, so schritt ich zu der Bestimmung des Extinctionscoëfficienten mittelst quantitativer Spectralanalyse, um die spectralanalytische Eigenschaft derselben charakterisieren zu können. Hierzu wurde ein Krüss'scher Spectralapparat mit symmetrisch sich öffnendem Doppelspalte unter Anwendung der Vierordt'schen Methode benützt[3]). Die Lösung des oxy-α-naphtochinonessigsauren Kaliums wurde in der Concentration 1:5000 und 1:10.000 zur Bestimmung der Lichtstärke des durch die Lösung gegangenen Lichtes (J'), des Extinctionscoëfficienten (e) und des Absorptionsverhältnisses

[1]) S.: M. Bamberger und A. Praetorius: «Autoxydationsproducte des Anthragallols» (II. Mittheilung), Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. CXI, Abth. IIb, Mai 1902.

[2]) Krüss: «Colorimetrie und Spectralanalyse», 1891, pag. 9.

[3]) Krüss: «Colorimetrie und Spectralanalyse», 1891, pag. 79. — Traube: «Physikalisch-chemische Methoden», 1893, pag. 186.

(*a*) nach Vierordt benützt[1]). Als Lichtquelle für die spectrocolorimetrische Untersuchung diente Petroleumlicht.

Die quantitative Lichtabsorption bestimmte ich in Spectralzonen von der Wellenlänge $\lambda = 583$ bis 543, das ist in jenen Spectralbezirken, wo die Absorption vom schwachen Beginne bis zur bedeutenden Grösse anwächst.

Zur Einstellung auf gleiche Helligkeit wurde zu Beginn der Messung die obere Spalthälfte des Doppelspaltes auf den Trommeltheil 90·5 verengt, wenn der untere Spalt auf 100 Theile eingestellt war, um den Einfluss des Lösungsmittels auf den Wert J' infolge der Lichtabsorptions- und Reflexionsverluste zu corrigieren. In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse dieser Untersuchung zusammengestellt:

Absorptionsspectrum des oxy-α-naphtochinonessigsauren Kaliums.

Concentration c	Spectralbezirk λ	durch Autoxydation nach Bamberger und Praetorius			synthetisch nach Liebermann		
		Lichtstärke J'	Extinctions-coëfficient e	Absorptionsverhältnis $a = \frac{c}{e}$	Lichtstärke J'	Extinctions-coëfficient e	Absorptionsverhältnis $a = \frac{c}{e}$
$c = 1:5.000$	583 bis 577	0·671	0·1733	0·001154	0·650	0·1872	0·001069
	577 „ 571	0·489	0·3100	0·000645	0·460	0·3372	0·000593
	571 „ 565	0·559	0·2525	0·000396	0·549	0·2610	0·000383
$c = 1:10.000$	565 „ 559	0·400	0·3980	0·000251	0·389	0·4100	0·000244
	559 „ 554	0·309	0·5100	0·000196	0·309	0·5101	0·000196
	554 „ 549	0·233	0·6327	0·000158	0·228	0·6420	0·000156
	549 „ 543	0·168	0·7747	0·000129	0·179	0·7471	0·000134

Vergleicht man die Extinctionscoëfficienten und das Absorptionsverhältnis des durch Autoxydation und andererseits des synthetisch nach Liebermann hergestellten oxy-α-naphtochinonessigsauren Kaliums, so ergibt sich für den Spectralbezirk $\lambda = 583$ bis 543 ein annähernd gleicher Gang der Zunahme des Extinctionscoëfficienten, respective Abnahme des Absorptionsverhältnisses mit abnehmender Wellenlänge des zur Absorption gelangenden Spectralbezirkes. Die vorhandenen Abweichungen liegen innerhalb der Beobachtungsfehlergrenze der angewandten Methode.

So ist es höchst wahrscheinlich, dass beiderlei Präparate der Oxy-α-naphtochinonessigsäure identisch sind.»

---

[1]) Wird die Intensität des Lichtes (Lichtstärke), welche übrig bleibt, wenn Licht von der Lichtstärke = 1 durch eine Flüssigkeitsschichte von 1 *cm* Dicke hindurchgeht, mit J' bezeichnet, so ist der «Extinctionscoëfficient» $e = -\log J'$; bezeichnet man als Concentration (c) der Lösung die in 1 cm^3 Lösung enthaltene Anzahl Gramme der gelösten Substanz, so ist das «Absorptionsverhältnis» $a = \frac{c}{e}$.

Untersuchung des Absorptionsspectrums von Indigotin, Diamidoindigo und Tetrazoindigo.

Von

J. M. Eder.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 23. October 1902.)

Herr Prof. Dr. Paul Friedländer in Wien übermittelte mir zum Zwecke spectralanalytischer Untersuchung von ihm selbst hergestellte Proben von Indigotin, respective indigodisulfosaurem Natrium, von Diamidoindigo in Form von gelöstem salzsaurem Diamidoindigo, aus welchem letzteren nach Prof. Friedländer's Angaben durch Zusatz von Kaliumnitrit und Spuren von Salzsäure Tetrazoindigo hergestellt wurde.

Die spectroskopische Untersuchung dieser Lösungen nahm ich mittelst eines Krüss'schen Universal-spectralapparates vor und bestimmte den Gang der Lichtabsorption im sichtbaren Spectrum zunächst qualitativ durch Beobachten der Lösungen in verschiedenen Concentrationen und in Schichten von verschiedener Dicke.

Es ergab sich, dass der von Herrn Prof. Friedländer frisch hergestellte salzsaure Diamidoindigo in seiner wässerigen Lösung ein deutliches, bei geringer Schichtendicke der blau gefärbten Lösung ziemlich schmales Absorptionsband in Roth-Orange besitzt, welches sich in grösserer Concentration oder Schichtendicke rascher gegen Grün und Blau als gegen Roth verbreitet, wie dies Curve 2 der Fig. 42 (s. pag. 407) schematisch darstellt. Das Maximum der Lichtabsorption (Mitte des schmalen Streifens) lag nach meinen Versuchen bei der Wellenlänge $\lambda = 623\ \mu\mu$[1]).

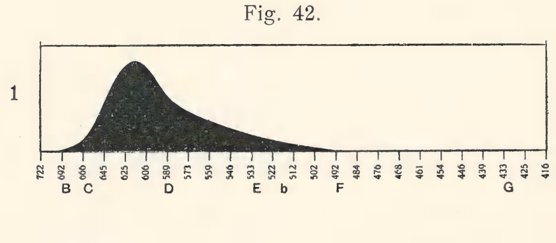
Tetrazoindigo wurde durch Zusatz von Kaliumnitrit und etwas Salzsäure zur Lösung des salzsauren Diamidoindigo hergestellt; die blaue Farbe der letzteren schlägt hierbei in ein lebhaftes Rothviolett um. Im Spectrum treten dann zwei Absorptionsbänder auf, ein starkes Hauptband der Absorption, dessen Maximum bei λ 565 im Gelb liegt, während ein zweites schwächeres Nebenband der Absorption im Grün das Maximum bei λ 517 $\mu\mu$ besitzt. Diese getrennten Absorptionsbänder sind nur bei entsprechender Verdünnung sichtbar; bei grosser Concentration verschwimmen beide Bänder zu einem intensiven, zusammenhängenden, breiten Absorptionsbande, während bei zu starker Verdünnung nur das Hauptabsorptionsband allein übrig bleibt; in Curve 3 der Figur ist dies schematisch graphisch dargestellt.

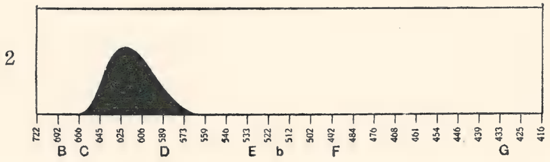
---

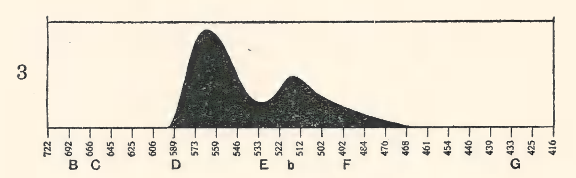
[1]) Krüss hat vor einer Reihe von Jahren gleichfalls ein Diamidoindigo spectroskopisch untersucht und fand die Lage des Absorptionsstreifens bei 588·9, jedoch ist das Krüss'sche Amidoindigo keineswegs identisch mit dem Friedländer'schen Amidoindigo, sondern letzterer ist ein anderer Körper.

Es ist von Interesse, diese optischen Eigenschaften von Diamidoindigo mit jenen des reinen Indigotins zu vergleichen. Das Indigotin war zwar schon wiederholt Gegenstand spectralanalytischer Untersuchungen; namentlich C. H. Wolff[1]) untersuchte die Lösung des Indigotins in concentrierter Schwefelsäure; indes gestatten vergleichende Versuche verschiedener Substanzen mittelst ein und desselben Apparates und desselben Beobachters grössere Sicherheit der Vergleichung; deshalb unterzog ich die von Herrn Prof. Friedländer mir übergebene Lösung von indigodisulfosaurem Natrium, welche derselbe aus chemisch reinem Indigotin hergestellt hatte, gleichfalls einer Untersuchung. Bei genügend grosser Verdünnung zeigt die Indigotinlösung ein ziemlich schmales Absorptionsband im Orange, dessen Mitte bei λ 615 liegt. Bei stärkerer Concentration rückt das Absorptionsband langsamer gegen Roth als gegen Blau vor, wie dies Curve 1 der Figur andeutet; bei noch grösserer Concentration trübt die Indigoschwefelsäurelösung die stärker brechbaren Farben des Spectrums. Die Mitte des Maximums des in verdünnten Indigotinlösungen eben noch sichtbaren Absorptionsbandes befindet sich nach meinen wiederholten Versuchen bei λ 615[2]). Um zur genaueren Kenntnis der optischen Eigenschaft des Indigotins und seiner Derivate zu gelangen, unterzog ich die oben erwähnten Lösungen einer quantitativen spectralanalytischen Untersuchung und bestimmte den Extinctionscoëfficienten, sowie das Absorptionsverhältnis des Farbstoffes gemäss der Vierordt'schen Methode mittelst Doppelspalt[3]).

Fig. 42.







Absorptionsspectren, bezogen auf Fraunhofer'sche Linien und Wellenlängen.
1. Indigodisulfosaures Na. — 2. Diamidoindigo. — 3. Tetrazoindigo.

a) Zunächst gieng ich von der Indigotinlösung aus, welche mir in einer Concentration von 0·0217 *g* Indigotin, und zwar 0·0375 *g* indigodisulfosaures Natrium $C_{16}H_8N_2O_2(SO^3Na)_2$ in 1 cm^3 vorlag; ich bestimmte die beim Lichtdurchgange durch die Farbstofflösung übrigbleibende Lichtstärke (J') im Sinne Vierordt's, berechnete dementsprechend den Extinctionscoëfficienten e ($e = -\log J'$) und leitete unter Berücksichtigung der Concentration der Lösung das sogenannte Absorptionsverhältnis A ($A = \frac{c}{e}$) ab, da diese Grösse eine für die gelöste Farbsubstanz charakteristische wichtige Constante ist. Die oben erwähnte Indigotinlösung brachte ich durch Verdünnung auf die Concentration von 0·00001085 *g* Indigotin, entsprechend 0·00001875 *g* indigodisulfosaurem Natrium in 1 cm^3 Lösung und untersuchte jene Region des Indigospectrums, in welcher das Maximum der Absorption liegt, das ist nach meinen Befunden die Zone bei λ 615; diesen Beobachtungsbezirk variierte ich innerhalb der Grenzen der Zulässigkeit, bestimmte die dazugehörigen Extinctionscoëfficienten und fand bei 20 bis 23° C. die in den nachstehenden Tabellen angeführten Werte.

---

[1]) «Zeitschrift für analytische Chemie», Bd. XVII, pag. 310; Krüss: «Colorimetrie und quantitative Spectralanalyse», 1890, pag. 195.

[2]) H. W. Vogel: «Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe», 1889, pag. 386, gibt an, dass der Absorptionsstreifen der Lösung von Indigo in concentrierter Schwefelsäure bei λ 605 liege, welche Zahl für das von mir untersuchte Indigotin sicherlich zu niedrig ist.

[3]) Traube: «Physikalisch-chemische Methoden», 1893. Hierbei wird unter Concentration (c) der Lösung die in 1 cm^3 der Lösung enthaltene Anzahl Gramme der gelösten Substanz verstanden.

Lichtabsorption in indigodisulfosaurem Natrium
(0·00001875 *g* $[C_{16}H_8N_2O_2(SO_3Na)_2]$ in 1 cm^3 Lösung.)

Spectralregion μμ	Lichtstärke	Extinctionscoëfficient	Absorptionsverhältnis
λ = 620 bis 613	0·21	0·67779	0·00002767
λ = 618 „ 610	0·19	0·72125	0·00002599
λ = 918 „ 603	0·20	0·69897	0·00002685

Lichtabsorption in voriger Lösung von indigodisulfosaurem Natrium, berechnet auf Indigotin.

Spectralregion μμ	Lichtstärke	Extinctionscoëfficient	Absorptionsverhältnis
λ = 620 bis 613	0·21	0·67779	0·00001601
λ = 618 „ 610	0·19	0·72125	0·00001505
λ = 618 „ 603	0·20	0·69897	0·00001551

Aus diesen Befunden ergibt sich, dass das Versuchsresultat selbstverständlich etwas von der Wahl der Spectralzone beeinflusst wird; ich halte für quantitative spectro-colorimetrische Bestimmungen den Spectralbezirk von λ = 618 bis 610 für den geringsten oder (falls der Beobachter nicht über die nöthige Übung verfügt, um in schmalen Spectralzonen gut messen zu können) den Bezirk von λ = 618 bis 603 für einen ebenfalls hiefür geeigneten Spectralbezirk.

Diese meine Befunde über das Absorptionsverhältnis des Indigotins stimmen befriedigend mit dem von Wolff zum Zwecke der spectralanalytischen Wertbestimmung des Indigos für reines Indigotin ermittelten Absorptionsverhältnisse, wenn man berücksichtigt, dass letzterer seine Bestimmung nicht in ganz demselben Spectralbezirke, sondern für die Spectralbezirke C 65 D bis C 90 D, das ist λ = 613 bis 596 machte[1]) und dabei $A = 0·0000142$ fand.

Auf Grund meiner eigenen Untersuchungen setze ich das charakteristische Absorptionsverhältnis für reines Indigotin in Form von indigodisulfosaurem Natrium für die Region λ = 618 bis 610 $A = 0·00002599$, oder berechnet auf Indigotin $A = 0·00001505$.

b) Der Diamidoindigo Friedländer's besitzt in der Region seiner grössten Lichtabsorption, das ist bei λ = 626 bis 618 bei einer Concentration von (0·0000217 *g* Acetamidoindigo =) 0·0000167 *g* Amidoindigo in 1 cm^3 Lösung folgende Zahlen:

Lichtabsorption von Amidoindigo.

	Spectralregion	Lichtstärke	Extinctionscoëfficient	Absorptions-verhältnis
Acetamidoindigo	λ = 626 bis 618	0·315	0·50169	0·00004325
Berechnet auf Amidoindigo	λ = 626 „ 618	0·315	0·50169	0·00003328

c) Tetrazoindigo. Führt man eine Diamidoindigolösung nach Prof. Friedländer's Vorgang in Tetrazoindigolösung über, so gewinnt das Hauptband (s. vorher) im Absorptionsspectrum der

[1]) Die veraltete Vierordt'sche Bezeichnung der Spectralbezirke durch Eintheilen der Zwischenräume zwischen den Fraunhofer'schen Hauptlinien kann mittelst der von Krüss (a. a. O., pag. 289) angegebenen Tabellen auf Wellenlängen umgerechnet werden. Weitaus sicherer ist die directe Aichung der Scala des Spectralapparates auf Wellenlängen, wie dies bei meinen Untersuchungen geschah.

rothvioletten Lösung eine merklich stärkere Absorption (grössere Extinctionscoëfficienten) als die Diamidoindigolösung grösserer Concentration, aus welcher die Tetrazoverbindung hervorgieng[1]), besass. Dagegen weist das zweite auftretende Absorptionsband einen wesentlich geringeren Extinctionscoëfficienten auf; dies ist aus den in nachfolgender Tabelle angegebenen Messungen ersichtlich.

Lichtabsorption der salzsauren Tetrazoindigolösung.

	Spectralbezirk $\mu\mu$	Lichtstärke	Extinctionscoëfficient	Absorptionsverhältnis [3])
Hauptband	$\lambda = 567$ bis 561	0·22[1])	0·65758	0·00003376
Nebenband	$\lambda = 518$ „ 515	0·19[2])	0·72125	0·00007695

[1]) Concentration 0·0000222 *g* salzsaures Tetrazoindigo, entsprechend 0·0000167 *g* Diamidoindigo = 0·0000217 *g* Acetamidoindigo in 1 *cm*³ Lösung.

[2]) Concentration entsprechend 0·0000555 *g* salzsaures Diazoindigo in 1 *cm*³ Lösung.

[3]) Berechnet auf salzsaures Tetrazoindigo, von welchem 0·0000222 *g* = 0·0000217 *g* Acetamidoindigo sind.

Aus diesen Befunden geht hervor, dass das Maximum des Absorptionsbandes im Indigoschwefelsäurespectrum bei der Wellenlänge λ 615 liegt, durch Einführung der Amidogruppe gegen Roth etwas verschoben wird (um 8 $\mu\mu$), so dass es auf $\lambda = 623$ zu liegen kommt. Durch Überführung des Diamidoindigo in das entsprechende salzsaure Tetrazoindigo wird das einfache Absorptionsband im Orange in ein gelbes und grünes Absorptionsband (bei $\lambda = 565$ und 517) gespalten.

An der Stelle der betreffenden Absorptionsbänder ergeben sich die oben angegebenen charakteristischen Absorptionsverhältnisse, welche zur quantitativen spectro-colorimetrischen Bestimmung dieser Farbstoffe geeignet sind.

[1]) Dabei ist hypotetisch angenommen, dass die Friedländer'sche Umsetzung von Amidoindigo in Diazoindigo quantitativ sich vollzieht.

Das Flammen- und Funkenspectrum des Magnesiums.

Von

J. M. Eder.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 2. April 1903.)

Das an der Luft verbrennende Magnesiumband gibt weisses Licht, welches bei der spectralanalytischen Untersuchung ein continuierliches Spectrum neben einem Banden- und Linienspectrum aufweist.

Ältere Untersuchungen dieses Flammenspectrums im sichtbaren Theile liegen von H. W. Vogel[1]) und anderen Spectralanalytikern vor; ich selbst hatte eine Photographie des Magnesium-Flammenspectrums (Glasspectrograph) im Jahre 1886 publiciert[2]); Liveing und Dewar hatten das Flammenspectrum des Magnesiums vom sichtbaren Theile bis ins Ultraviolett ausgemessen[3]), und Hartley und Ramage[4]) hatten es später qualitativ untersucht, ohne genaue Messungen vorzunehmen.

Das bei Ausschluss elektrischer Entladungen entstehende Magnesium-Flammenspectrum gewinnt für die Spectralanalyse an Bedeutung, nachdem neuere Untersuchungen zeigten, dass die bisher meistens für typisch angesehenen Unterschiede zwischen Bogen- und Funkenspectrum je nach Art des Dielektrikums oder anderer Verhältnisse verschwinden oder stark geändert werden.

Es ist durch Liveing und Dewar[5]) und neuere Untersuchungen, namentlich von Hartmann und Eberhard[6]) am Magnesium-Funken- und Bogenspectrum erwiesen, dass man mit der Annahme nicht ausreicht, «die Temperatur in der Funkenentladung sei höher als im Bogen». Viel mehr gewinnt die Ansicht (Hartmann) an Wahrscheinlichkeit, dass die Entstehung gewisser Funkenlinien überhaupt nicht mit der Temperatur zusammenhängt, sondern dass sie durch Anwendung elektrischer Entladungen verursacht werden und dass das Dielektrikum von entscheidendem Einfluss ist. Der unter Wasser erzeugte Flammenbogen zwischen Magnesiumelektroden zeigt Linien des sogenannten Funkenspectrums (Hartmann und

---

[1]) H. W. Vogel: «Praktische Spectralanalyse», I. Theil, 1889.

[2]) «Sitzgsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien», 8. Juli 1886.

[3]) M. Watts: «Index of Spectra», 1889, pag. 100; ferner «Appendix B.», 1891, pag. 39.

[4]) Hartley und Ramage: «Bonded Flame-Spectra of Metals» (Scientific Transact. of the Royal Dublin Society, October 1901 [mit heliographischen Tafeln nach Quarzprismen-Spectrogrammen kleiner Dispersion]).

[5]) «Proc. Royal Soc.»; London 1888, XLIV. Bd., pag. 241.

[6]) Hartmann und Eberhard: «Sitzungsber. d. königl. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin», 1903, pag. 40; Hartmann, ibid., 1903, pag. 234. Es gelang ihnen, das Magnesiumspectrum im Bogen so zu erzeugen, dass nur die *b*-Gruppe, die Linie 4481, die Gruppe bei 3830 und die Flammenlinien zum Vorschein kamen. S. auch H. C. Vogel: «Astronomische Nachrichten», 1903, Nr. 3861.

Eberhard) und auch in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas treten beim Magnesiumbogen ähnliche Erscheinungen auf[1]).

Das Flammenspectrum des Magnesiums verdient also näheres Studium mit Rücksicht auf diese Verhältnisse sowie wegen seiner aktinischen Wirkung, welche seine Anwendung in der Photometrie, sowie angewandten Photographie bedingt.

Da die älteren Angaben über das Flammenspectrum bei einem Vorversuche Differenzen um mehr als eine Angström'sche Einheit mit meiner eigenen Messung ergaben, ferner bei meinen Spectrographien mittelst des grossen Rowland'schen Gitters der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt die Definition weit besser als bei Liveing oder Hartley war und hierdurch ein genauerer Einblick in den Bau des Magnesiumoxydspectrums ermöglicht wurde, so unterzog ich dieses Spectrum sowie das Magnesiumfunkenspectrum einer neuerlichen Untersuchung, welche sich über das ganze sichtbare und ultraviolette Band des Spectrums erstreckte. Die hierbei gewonnenen Spectrumphotographien sind von grosser Klarheit und Schärfe, so dass eine gute heliographische Reproduction des Gitterspectrums von Mg und MgO (s. Tafel XXVIII[2]) möglich war[3]).

Das von mir verwendete Magnesiumband war mit Natrium, Mangan, Spuren von Eisen und Kupfer verunreinigt. Demzufolge fanden sich ausser den Magnesiumlinien noch die gelbe Natriumlinie und die dem Flammenspectrum des in Sauerstoff verbrennenden Mangans zukommenden charakteristischen Manganlinien 4034·6, 4033·1, 4030·7 vor, weiters die im brennenden Kupfer auftauchenden, dem elementaren Kupfer zukommenden Linien 3274·08, 3247·68. Im Funkenspectrum (starker Flaschenfunke), namentlich im ultravioletten Theile machen sich die scharfen Manganlinien 2605·80, 2593·85, 2576·25 etc. bemerklich. Die Eisenlinien waren in dem von mir verwendeten käuflichen Magnesiummetall weitaus schwächer vertreten als die Manganlinien. Übrigens kommen alle diese Verunreinigungen in so kleinen Mengen vor, dass ihre Funkenspectren nur bei langer Belichtung deutlich werden. In meinen nachfolgenden Tabellen sind diese fremden Linien eliminiert.

I. Flammenspectrum.

Verbrennt man Magnesiumband an der Luft unter Benützung einer Magnesiumlampe mit Uhrwerk, so kann man bei genügend langer Belichtung das Flammenspectrum photographieren. Schwierigkeiten bereitet nur die gute Auflösung der ultravioletten Bande von 3823 bis 3621, weil dort zahlreiche dicht nebeneinanderstehende verwaschene Linien, welche wahrscheinlich dem Spectrum des Magnesiumoxyds angehören, von einem starken continuierlichen Spectrum begleitet werden. Ebenso konnte ich ein aus zahlreichen sehr schwachen, dicht nebeneinanderstehenden Linien bestehendes feinschraffiertes Band im Gelbgrün zwischen dem grünen Magnesiumtriplet und der gelben Natriumlinie beobachten (s. Tabelle λ 5467 bis 5100), wenn Entwickelung und Belichtungszeit genau getroffen sind. In letzterem Falle bemerkte ich auch bei meinen Spectrumphotographien eine feine Linienschraffierung zwischen den Magnesiumoxydbanden von λ 5007 bis 4903. Diese Linienschraffierungen sind zu schwach, um sie mit Sicherheit messen zu

[1]) Das Bogenspectrum des Magnesiums in einer Wasserstoffatmosphäre zeigt die im gewöhnlichen Bogenspectrum an der Luft fehlende, für den Funken früher für charakteristisch gehaltene Magnesiumlinie 4481 sehr deutlich (Hartmann, a. a. O.; Crew: «Astrophys. Journ.», 1900, XII. Bd., pag. 167; Porter, a. a. O., XV. Bd., pag. 274). Vergl. auch H. Crew («Spectrum des Magnesiums im rotierenden Bogen», Evanston 1895) und Hartmann's «Versuche über den kleinen Lichtbogen zwischen Magnesiumelektroden bei schwachen elektrischen Strömen» (a. a. O.). «Über Zerlegung der Serienlinien des Magnesiumspectrums im magnetischen Felde» s. Runge und Paschen: «Sitzungsber. der königl. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin», 1902, XXXII. Bd., «Physikalische Zeitschrift», 3. Jahrg., Nr. 19.

[2]) Die Heliogravüren dieser Tafel geben Facsimile des Originalnegatives wieder. Die schwarzen Linien und Streifen entsprechen also den leuchtenden Partien des Spectrums.

[3]) Eine Abbildung des Magnesiumfunkenspectrums im Quarzspectrographen bei kleiner Dispersion publicierte ich im I. Theil dieser Abhandlungen, s. Tafel III.

können. Ich konnte nur nachweisen, dass zwischen den zwei Magnesiumoxydbanden λ 4974·8 und 4962·4 ungefähr 25 sehr feine Linien liegen und zwar ziemlich regelmässig vertheilt; ähnliche Linienschraffierungen weisen die Zwischenräume der anderen Magnesiumoxydbanden auf, wobei der Abstand der einzelnen feinen Linien nur circa 0·5 Angström'sche Einheiten beträgt.

Diese feinen Linienschraffierungen sind offenbar charakteristisch für das Verbindungsspectrum (Mg O) und finden sich öfters in den Emissionsspectren von zusammengesetzten Körpern (Oxyden).

Da diese regelmässigen Schraffierungen aus höchst zarten Linien bestehen, so gingen sie bei der heliographischen Reproduction verloren.

Dagegen erkennt man an der Heliogravüre ganz deutlich, dass die grünen Magnesiumoxydlinien (Bande) ihre scharfe Kante der rothen Seite zuwenden, während sie gegen die violette Seite zu abschattiert sind.

Die ultraviolette Bande im Flammenspectrum des brennenden Magnesiums weist einen anderen Bau auf (s. Taf. XXVIII).

Ihre Hauptlinien haben die Wellenlängen

$$\begin{cases} 3725 \\ 3724 \end{cases} \text{und} \begin{cases} 3721 \\ 3720. \end{cases}$$

Liveing und Dewar führen diese Linien einfach, während mir ihre Auflösung zu Doppellinien jedesmal mit Sicherheit gelang.

Häufig nimmt man an, dass die hohe «chemische Wirksamkeit» des Magnesiumlichtes mit dem Reichthum des Magnesiummetallspectrums an blauen und ultravioletten Linien zu erklären sei. Dies ist irrthümlich.

Für die Leuchtkraft des brennenden Magnesiums ist nicht das rudimentär beigemengte Linienspectrum des Magnesiums entscheidend, sondern die Helligkeit des Lichtes der Magnesiumflamme wird in ausgedehnten Bezirken durch das continuierliche weissglühende Spectrum des Magnesiumrauches bedingt[1]) und daneben noch durch das Bandenspectrum des Magnesiumoxyds, welches in den betreffenden engen Bezirken emporsteigt und die Continuität des Spectrums zerreisst.

Das continuierliche Spectrum verursacht auch die weisse Farbe des Lichtes von brennendem Magnesiumband; es überwiegt den optischen Effect der einzelnen Banden in Grün, welche aber ihrerseits kräftig genug sind, um bei photographisch-photometrischen Versuchen Störungen herbeizuführen. Das Licht des zwischen Magnesiumelektroden überspringenden Flaschenfunkens ist lebhaft blau gefärbt und gibt cyanblaue Beleuchtungseffecte, weil der Flaschenfunke zwischen Magnesiumelektroden in seiner Lichtnuancierung von der ausserordentlich hellen Magnesiumlinie 4481 (s. Taf. XXVIII, Spectrum 1, wobei die Linie 4481 enorm verbreitert ist) beherrscht wird. Diese Linie fehlt im Flammenspectrum und im gewöhnlichen Bogenspectrum des Magnesiums an der Luft vollkommen, kann jedoch in letzterem durch Anwendung einer Wasserstoffatmosphäre sofort zum Erscheinen gebracht werden (s. vorher). Dies ist der Hauptgrund der stark verschiedenen Färbung dieser drei verschiedenen Arten des an der Luft entstehenden Magnesiumlichtes.

Bemerkenswert ist der Umstand, dass die dem elementaren Magnesium zukommenden Triplets in der Flamme völlig scharf sind und niemals Umkehrungserscheinungen zeigen, welche im Bogen und Funken so charakteristisch sind und sehr leicht zustande kommen.

Eine einzige Linie im ultravioletten Flammenspectrum des brennenden Magnesiums erscheint umgekehrt; es ist die Linie 2852, welche jedoch keineswegs zu den besonders hervorragenden Hauptlinien

---

[1]) Das continuierliche Spectrum des Magnesiums ist in meiner Tafel nur im blauen Bezirke reproduciert, der violette Theil ist weggelassen, weil er nicht charakteristisch ist; das continuierliche Spectrum erstreckt sich kräftig über Violett und den Beginn des Ultraviolett, wird dann schwächer und äussert von circa $\lambda > 3700$ relativ wenig Wirkung (vergl. pag. 149, II. Theil dieser Abhandlungen).

des Funken- und Bogenspectrums gehört. Wie die Tafel zeigt, existieren im Magnesiumfunkenspectrum weit stärkere umkehrbare Magnesiumhauptlinien, welche jedoch im Flammenspectrum theils dünn, scharf und nicht umkehrbar sind, theils vollkommen fehlen.

Die Helligkeit des Magnesiumflammenspectrums fällt im Ultraviolett von $\lambda = 3721$ an stark ab. Allerdings fand ich dort einige Triplets des Magnesiummetallspectrums, nämlich $\left\{\begin{matrix}3336\\3332\\3330\end{matrix}\right.$ und $\left\{\begin{matrix}3097\\3093\\3091,\end{matrix}\right.$ welche jedoch viel schwächer auftreten als die Triplets $\left\{\begin{matrix}5183\\5172\\5167\end{matrix}\right.$ und $\left\{\begin{matrix}3838\\3832\\3829.\end{matrix}\right.$

Jedenfalls geht aus den Spectrumphotographien klar hervor, dass die chemische Wirkung des brennenden Magnesiums im Ultraviolett bei 3700 stark sinkt, bei $\lambda < 3400$ ihre praktische Grenze findet und man im Spectrum kürzerer Wellenlänge durch die Magnesiumflamme keinen wesentlichen Effect zu erwarten hat.

II. Funkenspectrum.

Zu meinen Messungen des Magnesiumfunkenspectrums, welches auch von anderen Seiten vielfach untersucht worden war[1]), habe ich nichts zu bemerken. Die Wellenlängen sind auf Rowland's Standards bezogen. Einige schwache Linien, welche Exner und Haschek in ihren Magnesiumfunkenspectren angeben, konnte ich nicht wieder finden; dagegen fehlten bei den Genannten die Linien 2848, 2847, 2736 und 2733, welche ich in Übereinstimmung mit Hartley und Adeney im Magnesiumfunkenspectrum fand und die nach Kayser und Runge im Bogenspectrum gleichfalls vorkommen.

Umkehrungserscheinungen treten bekanntlich im Magnesiumfunkenspectrum bei mehreren Linien stark hervor. Bemerkenswert ist die Beobachtung, dass bei den meisten starken Magnesiumlinien (bei meinem Flaschenfunken mittelst eines grossen Ruhmkorff'schen Inductors und mehrerer Leydener-Flaschen) die verbreiterten Linienränder zu beiden Seiten der inneren umgekehrten Linie symmetrisch verlaufen; die Magnesiumlinie 2852 aber zeigt die Umkehrungslinie nicht in der Mitte der verbreiterten Linie, sondern die gegen Roth gewendete dunkle Umgebung ist intensiver als die andere Seite derselben; es liegt also ein unsymmetrisches Umkehrungsphänomen nur bei ganz bestimmten Linien vor, welche Erscheinungen für die Spectralanalyse wohl von Bedeutung sein können.

Das Auftreten und Verschwinden gewisser Magnesium-Hauptlinien soll besonders hervorgehoben werden; dieses variable Vorkommen gilt nicht nur für die Magnesiumlinie 4481, sondern auch für 4571 [2]) u. a.

Hier sei erwähnt, dass ich im Vereine mit E. Valenta vor einigen Jahren[3]) mit Sicherheit nachgewiesen habe, dass bei den niedrigen Temperaturen eines Bunsen'schen Gasbrenners die zu Beginn des Ultraviolett befindlichen Calciumlinien λ 3968 und 3933 gänzlich fehlen, während sie doch zu den allerstärksten und besonders charakteristischen Linien des Calciumbogen- und Funkenspectrums zählen und im Sonnenspectrum die gewaltigen Fraunhofer'schen Linien *H* und *K* repräsentieren.

Von diesen Calciumlinien *H* und *K* sagt Hale, dass ihre Anwesenheit in der Bunsenflamme «unsicher» sei («Astronomy and Astrophysics», XII. Bd., pag. 453), während wir ihre Abwesenheit sicher constatieren konnten (a. a. O.). Dagegen treten nach Hale diese Calciumlinien im Sauerstoff-Leuchtgas-

[1]) Cornu, Liveing und Dewar, Hartley und Adeney (Watts: «Index of Spectra»); Exner und Haschek («Sitzgsber. d. kais. Akad. d. Wissensch.», Wien).

[2]) Exner und Haschek führen in ihrem Funkenspectrum die Linie 4571 als ganz schwache Linie, während sie in meinem Funkenspectrum fehlte; diese Unterschiede in beiden Arten von Funkenspectren haben offenbar in der verschiedenen Beschaffenheit der Inductorien ihren Grund, was Valenta und ich bei einer anderen Gelegenheit erwähnt haben (verg. pag. 161 dieser Abhandlungen).

[3]) Vergl. pag. 87 dieser Abhandlungen.

gebläse, sowie in der Magnesiumflamme als feine scharfe Linien auf und stets im elektrischen Funken- und Bogenspectrum; im Sonnenspectrum, der Chromosphäre der Protuberanzen und Fackeln, fehlen nach Hale die Calciumlinien *H* und *K* niemals («Astronomy and Astrophysics», XI. Bd., pag. 812, 813; XII. Bd., pag. 453).

Die starke Magnesiumlinie 4481·34 ist jedoch nicht so leicht in den verschiedenen Magnesiumspectren zu finden und ist noch leichter zum Verschwinden zu bringen als die Calciumlinien *H* und *K*. Ja es scheint sogar das Auftreten der Magnesiumlinie 4481 im Sonnenspectrum nicht sichergestellt[2]); und ich habe mich deshalb bemüht die Linie genauer zu messen, als es bisher bei dieser meist stark verbreiterten Linie geschehen war. Unter Zugrundelegung dieser Zahl[2]) findet man wohl in Rowland's Tabelle[3]) bei 4481·289 eine Fraunhofer-Linie, deren Zugehörigkeit von Rowland unentschieden gelassen wurde; höchstwahrscheinlich ist diese Linie aber nicht identisch mit der in Rede stehenden Magnesiumlinie des Funkenspectrums, für welche sich überhaupt keine entsprechende Linie im Sonnenspectrum finden lässt. Dass die meisten anderen Magnesiumlinien sich im Sonnenspectrum vorfinden, ist längst bekannt.

Auch bei den Magnesiumspectren irdischer Stoffe tritt jederzeit das grüne Triplet λ 5183 bis 5167 auf, während für Bogen- und Funkenspectren im Ultraviolett schon bei der blossen Durchmusterung der Spectrumphotographien die höchst charakteristische, in der beigegebenen heliographischen Tafel gut dargestellte Liniengruppe λ 2802 bis 2776 die Anwesenheit von Magnesium sofort verräth. Diese heliographische Darstellung des normalen Magnesiumspectrums bildet eine Ergänzung meiner älteren Abbildungen des prismatischen ultravioletten Magnesiumspectrums, welches ich in meiner Abhandlung «Über die Verwendbarkeit der Funkenspectren verschiedener Metalle zur Bestimmung der Wellenlänge im Ultravioletten», vergl. pag. 44. dieser Abhandlungen, publiciert hatte.

Spectrum des Magnesiums.

(Wellenlängen bezogen auf Rowland's Standards.)

Flammenspectrum Eder			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
—	—		5711·56	2		5711·5	4	
—	—		5528·75	6		5528·78	4	
5467·8	1/2	Die feinen, zarten Schraffierungen, wovon ein Theil hier bestimmt ist, erstrecken sich gemeinsam mit einem continuierlichen Spectrum durch das ganze Grün	—	—		—	—	
5465·7	1/2		—	—		—	—	
5463·8	1/2		—	—		—	—	
5461·8	1/2		—	—		—	—	
5459·6	1/2		—	—		—	—	
5457·9	1/2		—	—		—	—	
5455·8	1/2		—	—		—	—	
5453·6	1/2		—	—		—	—	
5451·4	1/2		—	—		—	—	
5449·5	1/2		—	—		—	—	
5447·8	1/2		—	—		—	—	
5445·8	1/2		—	—		—	—	
5443·7	1/2		—	—		—	—	
5441·7	1/2		—	—		—	—	

1) Nach H. C. Vogel tritt die Magnesiumlinie λ 4481 in den Sternspectren der Vogel'schen Spectren Classe I. als kräftige scharfe Linie auf; in anderen Sternspectren tritt sie zurück und als Ausnahme gilt nach Vogel das Auftreten von λ = 4481 als breite und verwaschene Linie in wenigen Sternspectren («Astronomische Nachrichten», 1903, Nr. 3861). Die Linie λ = 4352 kommt mit schwankender Helligkeit in verschiedenen Sternspectren vor (H. C. Vogel a. a. O.).

2) Sie ist auf die Rowland'schen Standards im Eisen-Bogenspectrum λ = 4494·756 bezogen und auf ± 0·02 A. E. genau.

3) Rowland A.: «Preliminary Table of Solar Spectrum Wave-lengths», Chicago 1898.

Flammenspectrum Eder			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder		
λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
5439·4	1/2	Die feinen, zarten Schraffierungen, wovon ein Theil hier bestimmt ist, erstrecken sich gemeinsam mit einem continuierlichen Spectrum durch das ganze Grün	—	—		—	—	
5436·4	1/2		—	—		—	—	
5433·9	1/2		—	—		—	—	
5431·5	1/2		—	—		—	—	
5429·0	1/2		—	—		—	—	
5210·7	1	verschwommen [1]	—	—		—	—	
5205·6	1	»	—	—		—	—	
5191·6	1	»	—	—		—	—	
5183·79 [1]	10		5183·84	10		5183·79 [2]	10	
5177·23	1	»	—	—		—	—	
5172·87 [1]	9		5172·87	10		5172·87 [1]	9	
5167·49 [1]	8		5167·55	8		5167·49 [1]	8	
5162·81	1/2	»	—	—		—	—	
5160·68	1/2	»	—	—		—	—	
5157·05	1/2	»	—	—		—	—	
5153·66	1/2	»	—	—		—	—	
5150·56	1/2	»	—	—		—	—	
5145·87	1/2	»	—	—		—	—	
5139·15	1/2	»	—	—		—	—	
5134·81	1/2	»	—	—		—	—	
5130·34	1/2	»	—	—		—	—	
5127·17	1/2	»	—	—		—	—	
5123·81	1/2	»	—	—		—	—	
5110·18	1/2	»	—	—		—	—	
5096·02	1	»	—	—		—	—	
5007·44	10	Kante gegen Roth zu scharf gegen Violett zu unscharf und verbreitert	—	—		—	—	
[3] 4996·85	8	»	—	—		—	—	
4986·23	6	»	—	—		—	—	
4974·81	4	»	—	—		—	—	
4962·45	3	»	—	—		—	—	
4949·30	2	»	—	—		—	—	
4935·01	1	»	—	—		—	—	
4923·65	1	»	—	—		—	—	
4913·37	1/2	»	—	—		—	—	
4903·36	1/2	»	—	—		—	—	
—	—		4730·42	1		—	—	
—	—		4703·33	8		4703·29	3	etwas verbreitert
4571·26	4	scharf	4571·33	4		—	—	
—	—	(Von hier ab wird das continuierliche Spectrum sehr stark; s. Heliogravure-Tafel)	—	—		4481·34	10	stark verbreitert, Hauptlinie
—	—		4352·18	8		4352·2	2	verschwommen
—	—		4167·81	1		—	—	
—	—		4058·45	2		—	—	
—	—		3987·08	2		—	—	
—	—		—	—		3898·20	1	unscharf
—	—		—	—		3895·82	3	»
—	—		—	—		3893·34	1	»
—	—		—	—		3892·11	2	»
—	—		—	—		3890·33	1	»
3865·26	1		—	—		—	—	

[1]) Hartley und Ramage führen eine Mg-Flammenlinie λ 5209 als starke, gegen Violett abschattierte Linie, welche mit einer der Liveing uud Dewar'schen Magnesium-Hydrogenbanden correspondiert, an. Dies gilt wohl nur für das Mg-Spectrum in der Oxy-Hydrogenflamme, nicht für das an der Luft brennende Magnesiummetall (Eder).

[2]) Diese Linien coïncidieren im Bogen und im Funken. Obige Zahlen wurden deshalb als Standards aus Rowland's «Table of Standard Wawe-Lengths» (Watts: «Index of Spectra», Appendix G, 1896) angenommen.

[3]) Erste Hauptbande des Magnesiumoxydspectrums. — Nachträglich wurde ich aufmerksam gemacht, dass die Magnesiumbande bei λ 5007 von Crew und Basquin ausgemessen wurde «Astroph. Journ.», 1895, II. Bd., pag. 100). Die Wellenlängen der Linien der ersten Hauptbande fanden sie bei λ 5007·47, 4996·92, 4986·26, 4974·75, 4962·85, 4949·50, 4935·17 und massen noch eine Anzahl der feinen Linien zwischen den Kanten. Die übrigen von mir gemessenen Linien λ 4539 haben Crew und Basquin nicht mehr gesehen.

	Flammenspectrum Eder			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder		
	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung	λ	i	Bemerkung
	3861·56	1/2		—	—		—	—	
	3860·28	1/2		—	—		—	—	
	3858·88	1/2		—	—		—	—	
	3855·92	1		—	—		—	—	
	—	—		—	—		3854·27	2	Kante einer nach Roth verlaufenden Bande
	3854·35	1/2		—	—		—	—	
	3853·30	1/2		—	—		—	—	
	3850·85	1/2		—	—		—	—	
	—	—		—	—		3849·02	1	verbreitert
	3848·40	2		—	—		—	—	
	—	—		—	—		3848·02	1	verbreitert
	3847·21	1/2		—	—		—	—	
	3844·75	2		—	—		—	—	
	3842·16	1	undeutlich	—	—		—	—	
	3838·42	10	scharfe, dünne Linie	3838·44	10		3838·42	10	umgekehrt
	3832·46	9	„	3832·46	10		3832·46	9	„
	3829·47	8	„	3829·51	10		3829·47	8	„
	3823·93	1	sehr undeutlich	—	—		—	—	
	3817·19	1	„	—	—		—	—	
	3810·65	2	„	—	—		—	—	
zweite Hauptbande des Magnesiumoxydspectrums	3805·67	1		—	—		—	—	
	3804·51	1		—	—		—	—	
	3798·49	1		—	—		—	—	
	3784·4	1/2	sehr undeutlich	—	—		—	—	
	3778·33	1/2	„	—	—		—	—	
	3772·88	1		—	—		—	—	
	3766·42	1		—	—		—	—	
	2756·11	1/2		—	—		—	—	
	3751·58	1/2		—	—		—	—	
	3746·22	1/2		—	—		—	—	
	3731·11	1/2		—	—		—	—	
	3725·76	5	mässig verbreitert	—	—		—	—	
	3724·74	6	„	—	—		—	—	
	3721·34	8	„	—	—		—	—	
	3720·65	10	„	—	—		—	—	
	3714·39	1/2	„	—	—		—	—	
	3706·91	1/2	„	—	—		—	—	
	3704·29	1/2	„	—	—		—	—	
	3701·64	1/2	„	—	—		—	—	
	3694·94	1/2	„	—	—		—	—	
	3690·95	1/2	„	—	—		—	—	
	3688·53	1/2	„	—	—		—	—	
	3686·59	1/2	„	—	—		—	—	
	3684·45	1/2	„	—	—		—	—	
	3683·30	1/2	undeutlich	—	—		—	—	
	3681·24	1/2	„	—	—		—	—	
	3675·78	1/2	„	—	—		—	—	
	3672·23	1/2	„	—	—		—	—	
	3659·89	1/2	„	—	—		—	—	
	3634·28	1/2	„	—	—		—	—	
	3627·83	1/2	„	—	—		—	—	
	3621·34	1/2	„	—	—		—	—	
	3336·89	5	scharf	3336·83	10		3336·89	8	
	3332·38	4	„	3332·28	8		3332·38	5	
	3330·15	4	„	3330·08	8		3330·15	3	
	—	—		—	—		3139·6	1	undeutlich
	—	—		—	—		3135·1	1	„
	—	—		—	—		3107·14	2	

Flammenspectrum Eder			Bogenspectrum Kayser und Runge			Funkenspectrum Eder		
λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung	λ	*i*	Bemerkung
3097·11	2		3097·06	10		3097·11	2	
3093·17	2		3093·14	8		3093·17	2	
3091·24	1		3091·18	8		3091·24	1	
—	—		—	—		3074·11	2	
—	—		—	—		3050·75 }	1	
—	—		—	—		3046·80 }	1	
—	—		—	—		2943·87	1	
—	—		2942·21	8		—	—	
—	—		2938·67	6		—	—	
—	—		2936·99	4		—	—	
—	—		2936·61	10		2936·81	10	verbreitert
—	—		2928·74	4		2928·89	10	umgekehrt
—	—		2915·57	4		2915·58	6	
2852·29	10	umgekehrt (die einzige, kräftige, umgekehrte Linie im ganzen Flammenspectrum)	2852·22	10		2852·29	7	umgekehrt
—	—		2848·53	4		2848·44 }	2	
—	—		2846·91	4		2847·08 }	2	
—	—		—	—		2817·29 }	2	
—	—		—	—		2815·67 }	2	
—	—		—	—		2811·35 }	2	
—	—		—	—		2809·88 }	2	
—	—		2802·80	10		2802·805 [1]	10	umgekehrt
—	—		2798·07	4		2798·12	5	"
—	—		2795·63	10		2795·632 [1]	10	"
—	—		2790·88	4		2790·97	10	verbreitert, Beginn einer Umkehrung
—	—		2783·08	8		2783·077 [1]	6	
—	—		2781·53	8		2781·521 [1]	5	
—	—		2779·94	10		2779·935 [1]	10	umgekehrt
—	—		2778·36	8		2778·381 [1]	5	
—	—		2776·80	8		2776·798 [1]	6	
—	—		2768·57	4		—	—	
—	—		2765·47	4		—	—	
—	—		2736·84	2		2736·81	1	verschwommen
—	—		2733·80	2		2733·3	1	"
—	—		2732·35	2		—	—	
—	—		2698·44	2		—	—	
—	—		2695·53	2		—	—	
—	—		2693·97	2		—	—	
—	—		2672·90	1		—	—	
—	—		2669·84	1		—	—	
—	—		2668·26	1		—	—	
—	—		—	—		2660·0	1	sehr undeutlich
—	—		2649·30	1		—	—	
—	—		2646·61	1		—	—	
—	—		2645·22	1		—	—	
—	—		2633·13	1		—	—	
—	—		2630·52	1		—	—	

[1]) Diese Linien coïncidieren im Bogen und im Funken. Obige Zahlen wurden deshalb als Standards aus Rowland's «Table of Standard Wave-Lengths» (Watts: «Index of Spectra», Appendix G, 1896) angenommen.

Unveränderlichkeit der Wellenlängen im Funken- und Bogenspectrum des Zinks.

Von

J. M. Eder und E. Valenta.

(Vorgelegt in der Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 22. October 1903.)

Die Breite der Linien im Bogen- und Funkenspectrum ist eine complicierte und vorläufig nicht genügend bekannte Function der Temperatur, des Druckes, der Dichte der leuchtenden Dampfschichte (H. Kayser[1]) und wahrscheinlich abhängig von der Art der elektrischen Erregung und des Dielektricums (Hartmann[2]). Die Experimental-Beobachtungen dieser Verbreiterungsphänomene sind derzeit keineswegs endgiltig abgeschlossen. Namentlich ist die Frage unentschieden, ob das Intensitätsmaximum, gewissermassen der Schwerpunkt einer Spectrallinie, sich mit ihrer Verbreiterung verschiebt oder nicht, was für die gesammte Spectralanalyse von fundamentaler Bedeutung ist.

Wirkliche Verschiebungen von Spectrallinien (das heisst deutlich nachweisbare Änderungen der Wellenlängen) sind als Folge variablen äusseren Druckes von Humphrey und Mohler[3]) nachgewiesen.

F. Exner und E. Haschek gingen aber wesentlich weiter, indem sie sagten, dass diese Verschiebungen im Funkenspectrum noch intensiver als im Bogen auftreten und nicht nur vom äusseren Atmosphärendruck, sondern von der Partialdichte des untersuchten Dampfes abhängen (Exner und Haschek: «Wellenlängentabellen für spectralanalytische Untersuchungen», Leipzig und Wien, 1902, pag. 13). Ferner gaben sie an, dass manche Funkenspectra beträchtliche Verschiebungen der Funkenlinien gegen die analogen im Bogen (in beiden Fällen bei gewöhnlichem äusseren Atmosphärendruck[4]) zeigen, suchten dies durch Druckerscheinungen im Funken zu erklären[5]) und wollten aus der Grösse der Linienverschiebungen die Grösse des Druckes im Funken berechnen; E. Haschek und H. Mache[6]) suchten den Druck im Funken direct nachzuweisen, erhielten aber keine Übereinstimmung der aus den «Linienverschiebungen» berechneten Werte mit den beobachteten Werten. Später folgerte E. Haschek[7]) aus seinen

---

[1]) H. Kayser: «Handbuch der Spectroskopie», Leipzig 1902, Band II, pag. 296.

[2]) «Sitzungsber. d. kgl. preuss. Akad. d. Wiss.», Berlin 1903, pag. 40 und 234.

[3]) «Astrophys. Journ.», 1896 und 1897. Humphrey und Mohler steigerten den Druck des Gases, innerhalb dessen der Flammenbogen erzeugt wird, auf mehrere Atmosphären und beobachteten die Verschiebung einzelner Spectrallinien nach Roth, und zwar fanden sie die Vergrösserung der Wellenlänge dem Drucke des umgebenden Gases proportional.

[4]) Von Linienverschiebungen durch rasche Bewegung der Lichtquellen im Visionsradius im Sinne des Doppler'schen Principes, welches zur Messung der Bewegung der Gestirne im Visionsradius benützt wird, ist in dieser Abhandlung vollständig abgesehen.

[5]) «Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss.», mathem.-naturw. Cl., Wien 1897 und ff.

[6]) «Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss.», Wien 1898.

[7]) «Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss.», mathem.-naturw. Cl., Bd. CX, Abth. IIa, März 1901, pag. 181.

weiteren Versuchen, dass für die Linienverschiebungen im Funken andere Gesetze gelten als für den Bogen, dass also eine Berechnung des Funkendruckes aus der Linienverschiebung unzulässig sei; der aus Haschek's Messungen beobachtete und der von ihm berechnete Funkendruck stimmten so schlecht überein, dass er selbst sagte: «Die berechneten Drucke sind von einander so stark verschieden, dass man nicht daran zweifeln wird, dass noch andere Ursachen für die Linienverschiebungen bestimmend sind» (Haschek a. a. O.).

Als eine solche andere Ursache der «Linienverschiebungen» gibt Haschek «die steigende Dichte des leuchtenden Dampfes» an; bei gleicher Zunahme der Dampfdichte verschieben sich angeblich «die Linien im Funkenspectrum mehr als im Bogenspectrum»; so sollen zum Beispiel beim Zinkspectrum nach Haschek die Linien $\lambda = 3282, 3302, 4680, 4722$ im Funken eine um 0·03 bis 0·16 Angström'sche Einheiten grössere Wellenlänge haben als im Bogen; in anderen Fällen gibt Haschek bei linienreichen Elementen Verschiebungen bis 0·2 Angström'sche Einheiten, bei linienarmen aber bis 0·07 Angström'sche Einheiten an, das sind ganz bedeutende Beträge, welche weit über der bei Gitterspectren zulässigen Beobachtungsfehlergrenze liegen. Als Beleg für die Richtigkeit dieser Beobachtungen führte er zahlreiche Wellenlängenmessungen (mit verschiedenen Elementen, zum Beispiel Al, Zn, Ca, Si, Zr, Cr, Ti, Ce, Va etc.) an[1]. Durch diese Angaben gewann es den Anschein, als ob die Existenz reeller Linienverschiebungen im Funken bei gewöhnlichem äusseren Atmosphärendruck (gegenüber den Bogenlinien) sicher nachgewiesen wäre. Auch die Menge der verdampfenden Substanz soll nach Haschek einen nachweisbaren Einfluss auf die wirkliche Wellenlänge der Linien haben, so dass man nach seiner Meinung sogar eine Methode der quantitativen Spectralanalyse auf die Ausmessung dieser sogenannten Linienverschiebungen basieren könne[2]. Beispielsweise soll für reines Zink (Funkenspectrum) die Wellenlänge 4722·510 gelten, während sie für dieselbe Zinklinie bei Verwendung einer 5%igen Zinklegierung statt des reinen Zinks als Elektrode nur 4722·399 beträgt. Es wäre somit die Partialdichte im leuchtenden Dampfe von entscheidendem Einflusse auf die Wellenlänge.

Die Lehre von der Abhängigkeit der Wellenlänge der Spectrallinien von der Partialdichte des untersuchten Dampfes wird in dem Werke von F. Exner und E. Haschek: «Wellenlängentabellen für spectralanalytische Untersuchungen auf Grund der ultravioletten Funkenspectren der Elemente» (Leipzig und Wien, 1902, I. Theil, pag. 13) in den Vordergrund gestellt. Wir könnten wohl dem umfangreichen Zahlenmateriale, welches die Genannten als Resultat ihrer Wellenlängenmessungen vorlegen, eine den Widerspruch ausschliessende Beweiskraft zuerkennen, wenn wir unsere begründeten Bedenken gegen die Beweiskraft ihres photographischen Beobachtungsmateriales unterdrücken könnten.

Schon bei einer früheren Gelegenheit fanden wir mit den citierten Angaben nicht übereinstimmende Resultate beim Funkenspectrum des Calciums und Lithiums, wie wir seinerzeit genau nachgewiesen haben (wir machten schon damals darauf aufmerksam, dass photographische Fehlversuche vorliegen dürften[3]) und als wir neuerliche Wellenlängenmessungen im Spectrum des Zinks begannen, trafen wir wieder auf experimentelle Befunde, welche den Angaben Haschek's widersprechen. Ebenso standen unsere Befunde über Spectra zinkarmer und zinkreicher Legierungen im Widerspruche mit den Angaben und Messungen Haschek's.

Auch H. Kayser in Bonn[4]) erhob Einspruch gegen Exner und Haschek's Angaben, indem derselbe bei den spectralanalytischen Untersuchungen im elektrischen Flammenbogen niemals einen Einfluss der Menge des vorhandenen Elementes auf die Wellenlänge beobachtet hatte und nach

---

[1]) Mittlerweile hat N. A. Kent nachgewiesen, dass bei den Linien des Titans die Haschek'schen Verschiebungen von 0·13 Angström'schen Einheiten nicht existieren («Astrophysik. Journal», 1903, Bd. XVII, p. 286).

[2]) «Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss.», Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd CXI, Abth. IIa, Februar 1902, pag. 232.

[3]) Vergl. pag. 333 dieser Abhandlungen.

[4]) H. Kayser: «Handbuch der Spectroskopie», Bd. II, pag. 297, 308, 309 und 310.

seiner Ansicht der Partialdruck des Dampfes im Bogen keine Verschiebungen hervorbringt, was man leicht constatieren kann, wenn man mit Apparaten von beträchtlich auflösender Kraft arbeitet, während anderenfalls Scheinverschiebungen eintreten können. Was das Verhältnis der Wellenlänge im Funken im Vergleiche zu den Bogenlinien und den Einfluss des Partialdruckes auf Linienverschiebungen im Funkenspectrum anbelangt, so liegt bisher noch keine anderweitige experimentelle Bestätigung über die Exner-Haschek'sche Annahme der Linienverschiebungen vor.

Hierbei sei ausdrücklich bemerkt, dass es sich nicht um die Breite der Linien bei dem sogenannten einseitigen Verbreiterungphänomen handelt, das ja seit vielen Jahren bekannt ist und sich unter anderem in der Weise äussert, dass Spectrallinien bei reinen Metallelektroden (zum Beispiel Zink, Blei etc.) im Flaschenfunken stark nach Roth verbreitert sind, dagegen dieselben Linien ziemlich scharf werden, wenn diese Metalle in den Elektroden nur als kleine Verunreinigungen (also mit geringer Partialdichte) im Dampfe auftreten. Es handelt sich vielmehr bei den Exner-Haschek'schen Verschiebungsphänomenen der Linien um die genaue Wellenlänge des Intensitätsmaximums der Linien[1]), welches gewissermassen den «Schwerpunkt» der betreffenden Linie darstellt.

Wenn man als Basis für derartige Messungen das Intensitätsmaximum der fraglichen Linien annimmt, was gegenwärtig als einzig zulässige Art derartiger Messungen allgemein üblich und auch von Haschek anerkannt ist[2]), so kommt man bei correcter photographischer Durchführung und thunlichst präciser Auflösung der Spectren zu Ergebnissen, welche den Angaben Haschek's widersprechen.

Wir griffen zunächst das Zink-Funken- und Bogenspectrum heraus und befassten uns durch längere Zeit ausschliesslich mit acht Zinklinien, welche als typisch gelten können und nebst anderen ähnlichen Spectren von Haschek als besonders beweiskräftig für seine Theorie herangezogen wurden.

Unser Gitter ist ein vorzügliches grosses Rowland'sches Concavgitter von 15 englischen Fuss Krümmungsradius[3]), welches auch H. Kayser in Bonn, der unsere Spectrumphotographien sah, als Gitter «allerersten Ranges» bezeichnet. Nun hängt die Möglichkeit, bei einseitig verbreiterten Linien (und Haschek's Untersuchung bezieht sich nur auf solche!), das Intensitätsmaximum sicher zu finden, davon ab, dass man den verbreiterten, verwaschenen Theil durch sorgfältige photographische Operation thunlichst einschränkt. Wir arbeiteten mit einem Spalte von 0·008 bis 0·03 *mm* Breite (scharfe Stahlschneiden), welche letztere auch schon gute Linienschärfe gab, ermittelten den wahren photographischen Focus des Gitters durch empirische Einstellung[4]) der photographischen Platten von $^1/_2$ zu $^1/_2$ *mm* und bogen die photographischen Spiegelplatten confocal der Bildwölbung. Das Übereinanderphotographieren der Linien haben wir in der Weise vorgenommen, dass eine leicht auf und ab zu bewegende Schlitzblende vor der photographischen Cassette eingeschaltet und durch Verschieben dieser Blende jede Linie in drei Theilen nacheinander photographiert werden konnte. Bei jeder einzelnen Aufnahme war das ganze Gitter voll beleuchtet. Die Belichtung der Platte war eine kurze.

Für den Begriff «kurze Belichtung» oder «Minimalbelichtung» bei bester Schärfe und Feinheit und correcter Entwickelung fehlt bisher ein Übereinkommen. Insolange ein solches nicht vorhanden ist, werden Beobachtungsdifferenzen bei sogenannten Verschiebungsphänomenen von Spectrallinien, wie sie

---

[1]) Von uns besonders motiviert und illustriert in unserer Abhandlung «Über das Funkenspectrum des Calciums und Lithiums und seine Verbreiterungs- und Umkehrungserscheinungen», vergl. pag. 333 dieser Abhandlungen.

[2]) Haschek: «Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss.», Wien 1902, Bd. CXI, Abth. IIa, pag. 232.

[3]) Das ist derselbe Krümmungsradius, welchen das von Exner und Haschek benützte Gitter besitzt.

[4]) Bei derartigen Spectrumphotographien, bei denen höchste Definition verlangt wird, erzeugt eine Änderung der Einstellebene um 1 *mm* (beim Gesammtfocus von 6 *m*!) schon sehr erhebliche Störungen.

E. Haschek wiederholt im Widerspruch mit anderen Spectralanalytikern beschreibt, vorkommen und Selbsttäuschungen werden schwer controllierbar sein. Um einen Anhaltspunkt über die Linienschärfe zu gewinnen, sollte man nicht nur die Breite der gemessenen Linie in Angström'schen Einheiten ausdrücken, sondern auch den «Schwärzungsgrad» bei fraglichen Linien an dem betreffenden photographischen Negative angeben[2]); letzterer soll ziemlich gering sein. Man kann es geradezu als ein Kriterium dafür ansehen, ob eine Photographie strengen Anforderungen entspricht, wenn eine einseitig verbreiterte Linie bei mittlerer oder zartester Schwärzung mit einer gewissen Minimalbreite erhalten wird.

Wir massen die Breite der bei günstiger Versuchsordnung sich ergebenden scharfen Eisenlinien im Bogenspectrum; sie waren zum Beispiel bei einer Spaltbreite von 0·03 *mm* (bei Minimalbelichtung) 0·03 bis 0·04 *mm* breit, wobei sie bei einer Messung im Hartmann'schen Mikrophotometer die Schwärzung von 0·5 bis 1·0 aufwiesen; während die der Verbreiterung stark unterworfenen Zinklinien unter ganz gleichen Verhältnissen niemals schmäler als 0·06 *mm* in den Spectrumnegativen erhalten wurden. Reduciert man die Masse auf Angström'sche Einheiten, so hat zum Beispiel die Zinklinie $\lambda = 4810$ im Bogen die Breite von 0·07 Angström'schen Einheiten gegen 0·19 Angström'sche Einheiten im Funken (beiderseits Minimalbelichtung); man kann trotzdem leicht die Coïncidenz beider Linien an der Stelle ihrer grössten Lichtintensität constatieren. Belichtet man aber den Zinkfunken doppelt so lange, so ist die einseitige Verbreiterung schon so stark, dass die Gesammtlinienbreite 0·53 bis 0·71 Angström'sche Einheiten beträgt, und dann ist es schon schwer, das Lichtintensitätsmaximum zu finden; es verschwimmt der Kern der Linie nach Roth zu; man glaubt aber noch das Maximum zu fassen und findet dann leicht eine Scheinverschiebung von 0·008 Angström'schen Einheiten, welche bis 0·02 Angström'sche Einheiten wächst und bei langen Belichtungen, schlechter Entwickelung und mangelhafter Ablesung infolge schwachen Lichtes noch mehr betragen kann. Der Grund dieser Scheinverschiebungen ist dann darin zu suchen, dass der Kern der Linie nicht mehr aufgelöst wird. Auch die Einstellung hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluss. Bei nicht ganz präciser Einstellung verschwimmen einseitig verbreiterte Linien bis zur Unkenntlichkeit.

Ob dies zur Erklärung der stark widersprechenden Angaben verschiedener Spectralanalytiker beim Photographieren ein und desselben Phänomens in allen Fällen ausreicht, ist schwer zu entscheiden; aber Thatsache ist es, dass wir bei sorgfältiger Durchführung des spectrographischen Processes im geschilderten Sinne alle angeblichen Verschiebungsphänomene, welche Haschek unter anderem auch beim Zink beschreibt, als nicht existierend nachweisen konnten.

Unsere Versuchsanordnung bei der Erzeugung der in Rede stehenden Funkenentladungen zwischen Zinkelektroden schloss sich strenge jenen Versuchsbedingungen an, bei welchen Haschek «Linienverschiebungen» zu finden glaubte. Er sagt ausdrücklich in seinen «spectralanalytischen Studien» («Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss.», Wien, mathem.-naturw. Cl, Bd. CX, Abth. IIa, 1901, pag. 200), dass die Linien mit dem Ruhmkorff'schen Inductorium und Hammerunterbrechung stärker, als bei Verwendung eines solchen Inductoriums mit Wehnelt'scher Unterbrechung oder bei der eines Transformators verschoben würden. Wir benützten deshalb gleichfalls starke Ruhmkorff'sche Inductorien mit Hammerunterbrecher und zwar grosse Inductorien von 12 bis 25 *cm* Schlagweite mit entsprechend grossen Condensatorbatterien, so dass uns zweifellos ein reelles Veschiebungsphänomen nicht hätte entgehen können.

Unter diesen Bedingungen treten aber die einseitigen Verbreiterungserscheinungen der Zinklinien $\lambda = 4680$, 4722, 4810 etc. gewaltig auf und wir hatten bei unseren Versuchen alsbald eines der Phänomene vor uns, welche Exner und Haschek als «Verschiebungsphänomene» bezeichnen. Fig. 1 unserer heliographischen Tafel XXIX zeigt zwei genau übereinander photographierte Zinkspectren[1]), welche ohne-

[1]) Faksimile der Originalnegative in Heliogravüre.

weiters klar und deutlich machen, wie das «Verschiebungsphänomen» aussieht. In der That wird man bei oberflächlichem Anblick geneigt sein, hierbei von einer Verschiebung der Linien zu sprechen, obschon eine Verschiebung des wahren Intensitätsmaximums thatsächlich nicht vorliegt.

Ähnliche irrthümliche «Verschiebungsphänomene» treten auch bei verschiedenen anderen Versuchsanordnungen auf: diesen Anblick bieten die allzulange belichteten Photographien der Zinklinien dar, wenn man sie einerseits mit reinen Zinkelektroden, andererseits mit Zinklegierungen, welche wenig Zink enthalten, herstellt, was von Exner und Haschek als Einfluss des Partialdruckes des Dampfes gedeutet wird; ebenso sehen auch bei mangelhafter Definition der Spectren häufig die Vergleichsaufnahmen der Zinklinien im Bogen (schmale Linie) und im Funken (einseitig verbreitert) aus. Es sei aber gleich hier gesagt, dass die zwei Spectren in Fig. 1 aus ein und demselben Zinkfunken bei kurzer und langer Exposition ($^1/_2$ Minute gegen 5 Minuten) erhalten sind[1]), und dass die vermeintliche Linienverschiebung nur der photographische Ausdruck der einseitigen Verbreiterung ist, wie sie die Photographie eines keilförmig abschattierten Lichtstreifens bei der verlängerten Exposition stets aufzuweisen pflegt, selbst wenn die Intensitätsmaxima völlig constant geblieben sind. Die ganz kurz belichteten Spectren geben eben nur das Intensitätsmaximum der Linien, welche coïncidieren, während sich bei langer Belichtung die Linie des Funkenspectrums gegen Roth mehr als gegen die Seite kürzerer Wellenlänge verbreitert und sich bei etwas längerer Entwickelung der photographischen Platte das Intensitätsmaximum der Linie mit der einseitig verbreiterten Nachbarschaft vermischt.

Nachdem die Bedingungen, unter welchen das in Frage stehende Phänomen auftritt, auseinandergesetzt sind, können wir zur Beschreibung unserer eigenen Versuchsergebnisse übergehen, bei denen jene als Fehlerquellen zu bezeichnenden Umstände sorgfältig vermieden wurden.

Es zeigte sich bei Anwendung höchst genau eingehaltener Minimalbelichtungen, correcter Entwickelung der Platten und bester Definition der Spectren:

1. dass bei gewöhnlichem Atmosphärendrucke keine Linienverschiebungen existieren, welche im Funkenspectrum gegenüber dem Bogenspectrum nach Exner und Haschek auftreten sollen;

2. dass auch keine Linienverschiebungen im Funkenspectrum existieren, welche auf verringerte Mengen des im Dampfe vorhandenen Elementes zurückzuführen wären, das heisst, dass eine Abhängigkeit vom Partialdrucke im Sinne von Exner und Haschek's Annahmen nicht zu constatieren ist.

In beiden Fällen kommen nur die bekannten variablen unsymmetrischen Linienverbreiterungen vor, aber die Helligkeitsmaxima der Linien coïncidieren bei unseren Versuchen vollkommen.

Wir studierten dieselben Zinklinien, an welchen Haschek Verschiebungen im Funkenspectrum beobachtete und bestimmten zunächst ihre Wellenlänge thunlichst genau unter Benützung der Rowland'schen, von Kayser rectificierten Standards[2]); die Linien wurden unter dem Mikroskope ausgemessen und zwar jede Linie mindestens je 10 mal an verschiedenen Spectrumphotographien, so dass die Genauigkeit unserer Wellenlängenbeobachtungen 0·002 Angström'sche Einheiten erreicht.

Da nach Haschek die Linien im Bogenspectrum des Zinks die normale Wellenlänge aufweisen und bei geringem Partialdrucke sich im Sinne Haschek's noch besser zur Ermittelung der Normalwellenlänge (ohne störende, angeblich «Verschiebungsphänomene» befürchten zu müssen) eignen, so wählten wir zur Herstellung des Zink-Bogenspectrums Messingdraht (im kleinen elektrischen Bogen[3]), dessen Material nach der chemischen quantitativen Analyse einen Gehalt von 36·9 % Zink und 63·1 % Kupfer hatte.

---

[1]) NB. Die feineren Linien im Spectrum I sind hineinphotographierte Eisenlinien.

[2]) Kayser: «Normale aus dem Bogenspectrum des Eisens» («Anal. d. Physik und Chemie», 4. Folge, Bd. III, 1900, pag. 195).

[3]) Die Messingelektroden wurden unmittelbar zur Erzeugung des Flammenbogens benützt.

Die mit aller Sorgfalt ermittelten Wellenlängen der Zinklinien eines derartigen kleinen Bogenlichtes zwischen Messingelektroden ergaben für das Bogenspectrum

Zink	III.	Ordnung	$\lambda = 3302 \cdot 715$
„	„	„	$3303 \cdot 068$
„	„	„	$3345 \cdot 141$
„	„	„	$3345 \cdot 698$
„	„	„	$3282 \cdot 451$
„	II.	Ordnung	$4680 \cdot 327$
„	„	„	$4722 \cdot 333$
„	„	„	$4810 \cdot 719$

Daneben kamen im Bogenspectrum noch in dasselbe Gesichtsfeld die Kupferlinien dritter Ordnung $\lambda = 3247 \cdot 671$ und $3274 \cdot 090$ (Rowland), welche im Bogen stets umgekehrt erscheinen (symmetrisch verbreitert), während das als Normale hineinphotographierte Bogenspectrum des Eisens eine Spur Kupfer enthielt und eine feine, schwarze Kupferlinie gab, welche mit der Umkehrungserscheinung völlig coïncidierte[1]).

Unsere heliographische Taf. XIX, Fig. II, Spectren 1 und 2, zeigt die genaue Spectrumphotographie des Bogenspectrums einer Zink-Kupferlegierung; man sieht, wie mit steigender Belichtung sämmtliche Linien des Bogenspectrums ziemlich scharf bleiben und sich symmetrisch verbreitern. Reines Zink gibt im Funkenspectrum die Linien $\lambda = 4680$, 4722, 4810 bei steigender Belichtung einseitig stark nach Roth verbreitert; bei präciser Minimalbelichtung erscheint aber die hellste Partie der Linie im stärksten Flaschenfunken genügend scharf, um ihre Wellenlänge genau festlegen und unter dem Mikroskope die Coïncidenz mit der Bogenlinie sicherstellen zu können, was auch aus unserer Tafel ersichtlich ist (Fig. II, Spectren 1 bis 4). Bei den Zinklinien $\lambda = 3282$, 3302, $3345 \cdot 1$ fanden wir bei den Bogenlinien und Funkenlinien ebenfalls stets völlige Coïncidenz; die Zink-Funkenlinien $\lambda = 3345 \cdot 1$ und $3302 \cdot 7$ kehren sich sehr leicht um und coïncidieren dann völlig mit der (nicht umgekehrten) Bogenlinie. Bei Überbelichtung macht sich eine Verbreiterung dieser Linien nach Ultraviolett geltend. Die sowohl im Funken als im Bogen ohne Schwierigkeit scharf und fein zu erhaltende Zinklinie $\lambda = 3345 \cdot 698$ und $3303 \cdot 068$ wird von Haschek selbst nicht als verschiebbar geführt, weil ihre Tendenz, auch bei ungenauen Belichtungszeiten scharf zu bleiben, vor jenen Täuschungen bewahrt, welche bei den einseitig sich verbreiternden Linien Zn $\lambda = 4680$, 4722 etc. bei mangelhafter Definition vorkommen können.

Fig. III zeigt im Spectrum 1 und 3 das Funkenspectrum des reinen Zinks; Spectrum 2 in der Mitte ist das Bogenspectrum der Zink-Kupferlegierung und über alle drei erstreckt sich das Bogenspectrum von einem, Spuren von Kupfer enthaltenden Eisendraht. Man sieht die schöne präcise Coïncidenz der umgekehrten Kupfer-Bogenlinie $\lambda = 3247$ und 3274 mit der nicht umgekehrten Kupfer-Funkenlinie. Die Zinklinien $\lambda = 4722$ und 4810 (Fig. III) sind etwas reichlich belichtet und zur kräftigen Schwärzung entwickelt, wobei die Bogenlinien des mittleren Spectrums sich beiderseitig ziemlich gleichmässig verbreitert haben, während die Funkenlinien einseitige Verbreiterung und in ihrem Verlaufe den Anfang von Scheinverschiebungen zeigen, welche bei Minimalbelichtung und kürzerer Entwickelung verschwindet, wonach die völlige Coïncidenz analog der Fig. II zweifellos sichtbar wird.

An den Zinklinien $\lambda = 3345$ und 3302 von Fig. III erkennt man ferner, dass diese Zinklinien im Funken keineswegs gegen die Bogenlinie nach der Seite der grösseren Wellenlänge zu verschoben sind wie Haschek (a. a. O.) irrtümlich angibt. Noch viel deutlicher erkennt man dies bei der Ausmessung der Originalnegative unter dem Mikroskope des Ausmessapparates.

---

[1]) In Übereinstimmung mit diesen unseren Versuchen führen auch Exner und Haschek in ihren «Wellenlängentabellen», Bd. I, pag. 21, die beiden Kupferlinien 3247 und 3274 als nicht verschiebbar an.

Die Vermuthung, dass Haschek mangelhaft definierte Spectren hatte, gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch den Umstand, dass dem Genannten der feinere Bau einiger Zinkfunkenlinien entging, welcher sehr merkwürdig ist. Während Haschek die unsymmetrisch sehr starke Verbreiterung der Zinklinien $\lambda = 4680$, 4722, 4810 nach Roth nicht entging, bemerkte er nicht, dass die Zinklinien $\lambda = 3345 \cdot 1$ und $3302 \cdot 7$ eine Tendenz zur schwachen Verbreiterung nach der Seite kürzerer Wellenlänge zeigen und ihnen infolge dessen die Tendenz zu scheinbaren «Verschiebungen» gegen Roth zu abgeht. Trotzdem findet Haschek diese Linien im Funken besonders stark gegen Roth verschoben (verglichen mit Bogen) und wir finden im Gegentheil, dass hier bei correcter kurzer Exposition überhaupt keine Verschiebung, sondern Coïncidenz erfolgt.

Nachdem wir die citierte Angabe von der Linienverschiebung im Funken gegenüber denselben Linien im Bogen nicht bestätigen konnten, waren noch weitere Versuche über den Einfluss des Partialdruckes des leuchtenden Zinkdampfes auf die «Verschiebung» der Spectrallinien anzustellen. Zu diesem Zwecke unterzogen wir das Funkenspectrum von reinem Zink und das von Legierungen von 1% Zink + 99% Blei, sowie solches von 50% Zink + 50% Blei, ferner Legierungen von $36 \cdot 9\%$ Zink + $63 \cdot 1\%$ Kupfer einer genauen Untersuchung.

Bei zinkarmen Legierungen bleiben nach den längst publicierten, allgemein bekannten und niemals bestrittenen Erfahrungen aller Spectralanalytiker, und das gilt für alle Spectren, namentlich mit unsymmetrisch verbreiterten Linien, auch alle jene Linien selbst bei steigender Belichtung ziemlich scharf, welche bei zinkreichen Legierungen allerdings die Tendenz zur einseitigen Verbreiterung in hohem Grade zeigen; insoferne macht sich der Einfluss des Partialdruckes auf die Breite der Spectrallinien zweifellos geltend.

Bei zunehmender Belichtungszeit laufen also die einseitigen Verbreiterungserscheinungen bei zinkarmen und zinkreichen Legierungen nicht parallel; misst man daher auf den stärker belichteten Platten die Wellenlänge zinkarmer und zinkreicher Legierungen durch Einstellen auf die Mitte der nicht gut definierten Linien, so treten scheinbare Linienverschiebungen bei steigendem Partialdrucke auf (analog der Abbildung in Fig. I), welche man aber sofort als Scheinverschiebungen erkennt, wenn man zu Minimal-Belichtungszeiten zurückkehrt und bestens definierte Spectren erreicht hat.

Eine 1% ige Zinklegierung (1% Zink + 99% Blei) gibt naturgemäss die einzelnen Zinklinien im Funken weniger hell als eine zinkreichere, zum Beispiel eine 50% ige Zinklegierung. Eine Vorprobe für unseren stärksten Flaschenfunken (Ruhmkorff) ergab, dass man die zinkarme (1% ige) Legierung im Vergleich mit der zinkreicheren (50% igen) circa 15 Minuten gegen 30 Secunden belichten muss, um die Zinklinien $\lambda = 4680$, 4722, 4810 bei beiden Legierungen annähernd gleich stark (gleich hell) auf der photographischen Platte zu erhalten. Darnach wären bei unserem orientierenden Vorversuche in ersterem Falle die Zinklinien circa 30 mal heller als in letzterem Falle.

Benützt man jetzt äquivalente Belichtungszeit und nähert sich der Minimalbelichtungzeit, welche in beiden Fällen eben noch messbare schwache Linien im Spectrogramme gibt, so sind im Funkenspectrum die Wellenlängen der Zinklinien $\lambda = 4680 \cdot 327$, $4722 \cdot 333$ und $4810 \cdot 719$ bei 1% iger, bei 4% iger, bei 50% iger Zinklegierung und bei reinem Zink genau dieselben, und wir konnten niemals (auch nicht im stärksten Flaschenfunken) die Exner-Mach e'schen, respective Haschek'schen «Linienverschiebungen» beobachten.

Haschek[1]) gibt an, dass Legierungen mit wenig Zink (4% Zink) Zinklinien im Funkenspectrum von der Wellenlänge $\lambda = 4722 \cdot 399$ geben, mit 50% Zink aber $4722 \cdot 434$, was eine beträchtliche Verschiebung nach Roth mit zunehmendem Partialdrucke wäre; er findet die Zinklinie 4680 in zinkarmen Legierungen (4% Zink) zu schwach, um sie messen zu können. Man kann aber diese Linie 4680 in

---

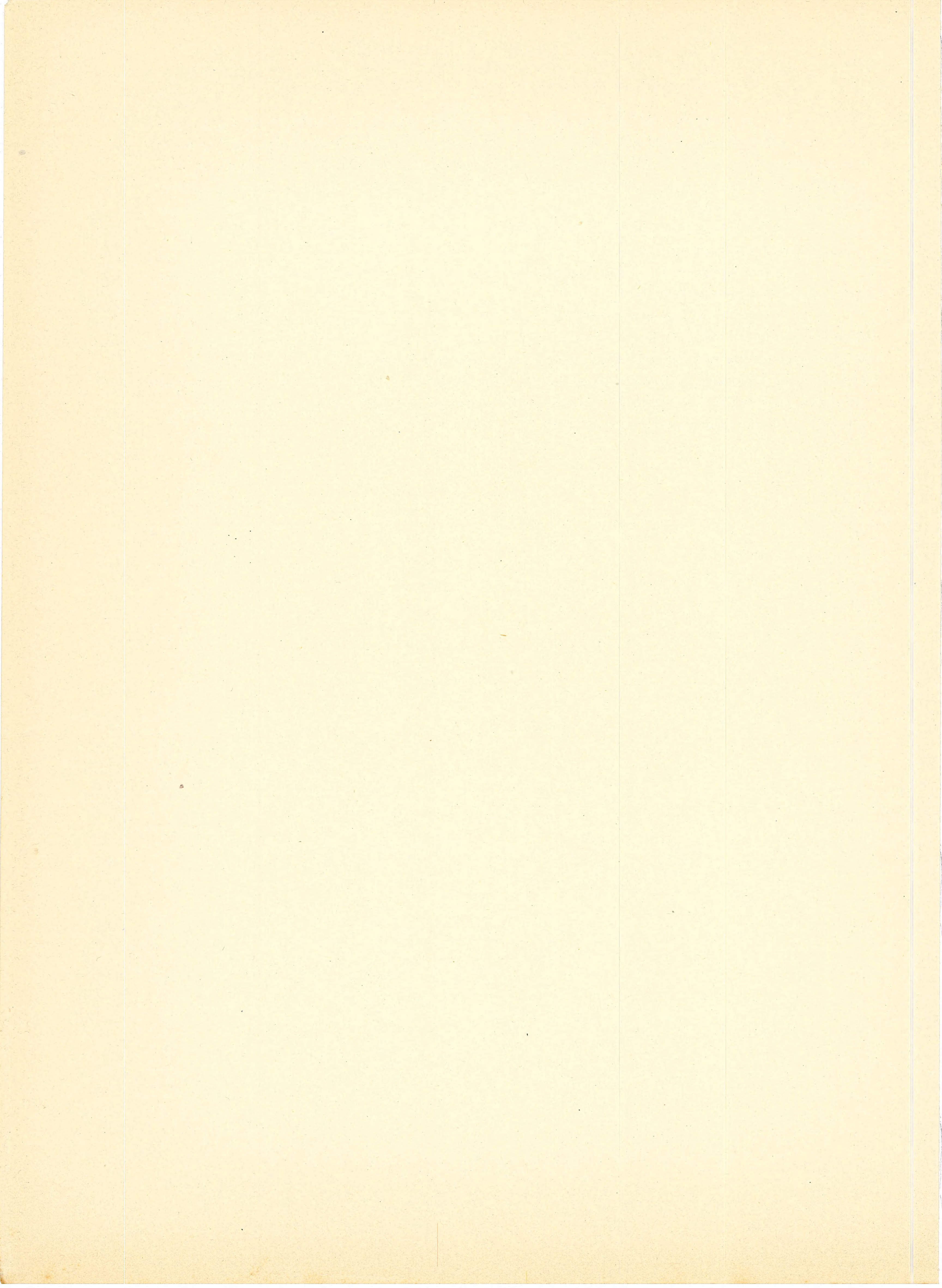
[1]) «Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss.», Wien, Februar 1902, Bd. CXI, Abth. IIa, pag. 238 und 240.

selbst 1 % igen Legierungen wohl messbar erhalten (dies zeigt unsere Tafel, Fig. IV, Spectrum 4, deutlich), wenn man die Belichtungszeit richtig wählt. Offenbar hat Haschek die zinkarme Legierung unterexponiert, die zinkreiche überexponiert und unterlag einer Täuschung zufolge einseitiger Verbreiterung der Linien bei mangelhafter Definition seiner Spectren. Soweit wir absehen können, unterlegt Haschek seiner Verschiebungstheorie nur einseitig verbreiterte Linien; bei den scharfen ist nicht einmal Scheinverschiebung der Linien des Funkenspectrums gegenüber dem Bogenspectrum zu sehen.

Unsere Resultate sind also:

1. Im Funkenspectrum des Zinks treten keine Verschiebungen von messbarer Grösse gegenüber den Linien des Bogenspectrums auf;

2. die Menge des vorhandenen Elementes oder der Partialdruck seines Dampfes bringt keine Verschiebung der Linien des Funkenspectrums hervor und damit ist auch Haschek's System der quantitativen Spectralanalyse hinfällig geworden, hingegen sind diejenigen Folgerungen, welche die Constanz der Spectrallinien voraussetzen (Verschiebungen der Spectrallinien im Visionsradius nach den Doppler'schen Principien etc.) und welche durch die Haschek'schen Schlüsse als zweifelhaft erschienen wären, nach unseren Beobachtungen umso sicherer fundiert.



II.

SENSITOMETRIE UND PHOTOMETRIE

CHEMISCH WIRKSAMER STRAHLEN.

SOLARISATION.

